



Pedro Lopes Antunes

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

A Eficiência Energética na Reabilitação Urbana Sustentável

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Ana C.P.S. Cruz Lopes, Professora Auxiliar,
FCT-UNL

Co-orientador: Rui N. A. Vera-Cruz, Professor Auxiliar,
FCT-UNL

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Teresa G. Santana

Arguente: Professor Doutor Daniel Aelenei

Vogal: Professora Doutora Ana Cruz Lopes



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2016

A Eficiência Energética na Reabilitação Urbana Sustentável

Copyright @ Pedro Lopes Antunes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou forma digital, ou qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado o crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a todos os que contribuíram directa ou indirectamente para a realização desta dissertação:

À minha orientadora Professora Ana Cruz, por me ter concedido esta oportunidade, pela total disponibilidade demonstrada ao longo deste trabalho e pelos conhecimentos transmitidos. Ao meu co-orientador Professor Rui Vera-Cruz, por todo o apoio prestado.

A todos os meus amigos e colegas, pelos bons momentos e amizade.

Por último e em especial, à minha família. Aos meus pais Francisco e Laura, pelo apoio incondicional e carinho. À minha irmã Inês, pelo exemplo de força e determinação, e ao meu irmão Miguel, por estar sempre presente e pela amizade. Aos meus sobrinhos Pedro e João, por me fazerem sorrir. Aos meus avós António e Bemvinda, por todo o amor.

Resumo

A expansão urbana, ocorrida ao longo das últimas décadas a uma escala global, originou um elevado consumo de recursos e produção de resíduos nas áreas urbanas que põe em causa a sustentabilidade do planeta. Dada a degradação do tecido urbano e o seu excessivo consumo energético, em que se evidenciam as elevadas necessidades energéticas do edificado, cada vez mais expostos a alterações e adequação de uso, devido a uma sociedade, extremamente, global e susceptível à mudança, a Reabilitação Urbana posiciona-se como elemento central do sector da construção e veículo promotor do Desenvolvimento Sustentável.

Este trabalho projecta o desempenho energético e a sustentabilidade, como elementos de indispensável análise e indissociáveis, num processo de regeneração urbana. Para tal, desenvolveu-se um modelo, vocacionado para a reabilitação de edifícios, de análise e avaliação destas duas componentes (desempenho energético e sustentabilidade), baseado no modelo de cálculo da classe energética dos edifícios, preconizado pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, e em sistemas de avaliação de desempenho ambiental. Este modelo, posto em prática através de um caso de estudo de uma moradia geminada, é uma abordagem para a identificação e adopção de medidas mais eficientes, em termos, energéticos, viáveis economicamente e de menor impacte ambiental, em intervenções de reabilitação de edifícios. Contudo, os parâmetros avaliados e, por conseguinte, os resultados obtidos, indicam, também, a necessidade de aperfeiçoamento do modelo, de modo a tornar-se num instrumento válido para a Reabilitação Urbana sustentável.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável, Construção Sustentável, Reabilitação Urbana, Eficiência Energética, Sistemas de Avaliação e Certificação de Desempenho Ambiental.

Abstract

The urban expansion that has been occurring throughout the last decades at a global level has originated high levels of resources consumption and waste in urban areas, compromising the planet sustainability. Given the degradation of the urban tissue and its excessive energy consumption with high energy needs for housing, increasingly exposed to changes and use adaptation imposed by a society that is extremely global and susceptible to change, Urban Rehabilitation has become a key element of the construction sector and a vehicle to promote Sustainable Development.

This work handles the energetic performance and sustainability as fundamental and inseparable analysis elements in the process of urban regeneration. With that purpose, a building rehabilitation model was developed, for the joint analysis and evaluation of these two elements. The model was based on current governmental regulations for the calculation of energy class of house buildings and on systems for environmental performance evaluation. This model was applied to a case study of a semi-detached house and an approach for the identification and adoption of more efficient measures in terms of energy, economic viability and lower environmental impact for building rehabilitation. However, the parameters evaluated and the results obtained also show the need for the model's improvement, in order to become a valid instrument for sustainable Urban Rehabilitation.

Keywords: Sustainable Development, Sustainable Construction, Urban Rehabilitation, Energy Efficiency, Environmental Performance Evaluation and Certification Systems.

Índice

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento do tema.....	1
1.2 Objectivos	3
1.3 Metodologia e estrutura do trabalho.....	4
2. O Desenvolvimento Sustentável.....	7
2.1 A necessidade de um modelo sustentável	7
2.2 Definição do conceito	13
2.3 O processo evolutivo do Desenvolvimento Sustentável	16
3. A Construção Sustentável	25
3.1 A necessidade de uma gestão ecológica e eficiente no sector da construção	25
3.2 O processo operativo da Construção Sustentável.....	29
3.3 Sistemas de avaliação de certificação de desempenho ambiental	38
3.3.1 BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method	42
3.3.2 LEED – <i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>	44
3.3.3 LiderA – Liderar pelo Ambiente para a Construção Sustentável	46
3.3.4 Análise comparativa aos sistemas abordados.....	48
4. A Reabilitação Urbana	53
4.1 Definição e evolução do conceito	53
4.2 O contexto nacional e o enquadramento legislativo	56
4.3 O parque edificado nacional.....	64
5. A Eficiência Energética	75
5.1 As exigências funcionais dos edifícios.....	75
5.2 O consumo energético habitacional	79
5.3 O desempenho térmico e energético dos edifícios	83
6. Modelo de análise do desempenho energético e avaliação da sustentabilidade	89
6.1 Introdução ao modelo proposto.....	89
6.2 Caracterização do modelo	92
6.2.1 Análise do desempenho térmico e energético	92
6.2.2 Avaliação da sustentabilidade	93
6.2.3 Considerações complementares	102
7. Caso de estudo.....	105
7.1 Caracterização da fracção autónoma	105
7.2 Caracterização das soluções construtivas.....	107
7.3 Apresentação de resultados	109
7.3.1 Análise do comportamento térmico e energético	109
7.3.2 Avaliação da sustentabilidade	118
8. Conclusões e desenvolvimentos futuros	121

8.1 Conclusões finais	121
8.2 Desenvolvimentos futuros.....	122
Referências bibliográficas	123
Anexos	131

Índice de figuras

Figura 1.1-Organograma da estrutura metodológica do plano de dissertação	5
Figura 2.1 - Expansão urbana em 20 anos (1995-2015)	7
Figura 2.2 - Mapas-Múndi (físicos) – alterações climáticas (temperatura, precipitação, nível do mar) registadas entre 1986 e 2005 e previsões de 2081 a 2100	9
Figura 2.3 - Mapa-Múndi (físico) - pegada ecológica e bio capacidade por região	11
Figura 2.4 - Modelo de metabolismo alargado das cidades	12
Figura 2.5 - Interação das dimensões do Desenvolvimento Sustentável	13
Figura 2.6 - Transição dos modelos de decisão do Desenvolvimento Sustentável	17
Figura 2.7 - Evolução da agenda política internacional sobre o Desenvolvimento Sustentável	24
Figura 3.1 - Emissão de gases de efeito de estufa (GEE) por sector	25
Figura 3.2 - Princípios fundamentais da construção sustentável	26
Figura 3.3 - Evolução das preocupações na construção	28
Figura 3.4 - Ciclo de vida dos edifícios	29
Figura 3.5 - Avaliação do ciclo de vida (ACV)	33
Figura 3.6 - Energia incorporada por um produto/material ao longo do seu ciclo de vida	35
Figura 3.7 - Ponderações por parâmetros de avaliação dos sistemas	49
Figura 3.8 - Alguns parâmetros de avaliação dos sistemas	50
Figura 3.9 - Níveis de certificação dos sistemas	51
Figura 4.1 - Processo e desenvolvimento das primeiras formas de reinvestimento urbano	54
Figura 4.2 - Número de edifícios licenciados em Portugal, segundo o tipo de obra	63
Figura 4.3 - Distribuição percentual anual do licenciamento dos edifícios, segundo o tipo de obra	63
Figura 4.4 - Distribuição da área total do parque edificado europeu por funcionalidade	64
Figura 4.5 - Distribuição etária do parque habitacional dos estados membros da UE, em 2005	65
Figura 4.6 - Distribuição etária do parque edificado nacional em 2011	66
Figura 4.7 - Índice de envelhecimento dos edifícios em Portugal (2011)	67
Figura 4.8 - Evolução do número de alojamentos clássicos, famílias clássicas e edifícios em Portugal	68
Figura 4.9 - Densidade de alojamentos clássicos em Portugal (2011)	69
Figura 4.10 - Estado de conservação do parque edificado nacional	70
Figura 4.11 - Evolução, no século passado, das soluções construtivas das paredes exteriores em Portugal	73
Figura 5.1 - Exigências funcionais dos edifícios	75
Figura 5.2 - Distribuição do consumo total de energia por sector de actividades, em Portugal (2014)	79
Figura 5.3 - Consumo no sector doméstico (ktep) e peso (%) no consumo final de energia (1995-2014)	80
Figura 5.4 Distribuição por tipo de fonte do consumo energético final no sector doméstico (2014)	80
Figura 5.5 - Peso relativo de cada fonte renovável para a produção de electricidade, em Portugal (2012)	81
Figura 5.6 - Distribuição do consumo de energia nos alojamentos por tipo de uso (2010)	82
Figura 5.7 - Consumo total de energia para aquecimento do ambiente nos alojamentos familiares clássicos (2010)	82

Figura 5.8 - Factores preponderantes para a determinação da eficiência energética de uma fracção autónoma	83
Figura 5.9 - Necessidade nominais anuais de energia útil	84
Figura 5.10 - Necessidades nominais globais de energia primária	85
Figura 5.11 - Conversão das necessidades de energia útil em necessidades de energia primária.....	85
Figura 5.12 - Classe energética da fracção autónoma	86
Figura 5.13 - Enquadramento legislativo do comportamento térmico e energético dos edifícios	87
Figura 5.14 - Desagregação percentual da classe energética dos imóveis de habitação tendo por base os requisitos de 2013.....	88
Figura 5.15 - Desagregação percentual da classe energética dos imóveis de habitação tendo por base os requisitos de 2016.....	88
Figura 6.1 - Modelo de referência (à esquerda) e modelo proposto (à direita).....	90
Figura 6.2 - Disposição do modelo de cálculo	91
Figura 6.3 -Vertentes em análise na avaliação da sustentabilidade e critérios associados	93
Figura 6.4 Contribuição de cada vertente para a avaliação da sustentabilidade	103
Figura 7.1 - Localização do edifício	105
Figura 7.2 - Alçado nascente (à esquerda) e alçado poente (à direita)	106
Figura 7.3 - Logradouro (à esquerda) e o anexo (à direita)	106
Figura 7.4 - Transmissão de calor pelos elementos constituintes da envolvente exterior - solução N0 ...	109
Figura 7.5 - Transmissão de calor pelos elementos constituintes da envolvente exterior - solução N1 ...	109
Figura 7.6 - - Transmissão de calor pelos elementos constituintes da envolvente exterior - solução N2.	110
Figura 7.7 - Transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior [W/°C].....	111
Figura 7.8 - Transferência de calor por transmissão pela envolvente interior [W/°C].....	111
Figura 7.9 - Transferência de calor por ventilação [W/°C].....	112
Figura 7.10 - Ganhos Solares pelos Envidraçados [kWh/ano]	113
Figura 7.11 - Ganhos térmicos brutos [kWh/ano]	114
Figura 7.12 - Necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento [kWh/m2.ano]	114
Figura 7.13 - Necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento [kWh/m2.ano]	115
Figura 7.14 - Necessidades nominais anuais de energia primária [kWh/m2.ano]	116

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Principais problemas urbanos e consequências	10
Tabela 2.2 - Conjunto de medidas apresentadas no Relatório de Brundtland	18
Tabela 2.3 - Os 10 compromissos de Aalborg	20
Tabela 2.4 - Recomendações da Carta de Leipzig sobre as Cidades Sustentáveis	21
Tabela 2.5 - Orientação e objectivos da Estratégia Europeia 20/20/20	22
Tabela 2.6 - 17 Metas globais para o Desenvolvimento Sustentável.....	23
Tabela 3.1 - Aspectos relevantes dos Princípios de Hanôver	27
Tabela 3.2 - Rotulagem ambiental de materiais e produtos	37
Tabela 3.3 - Indicadores relevantes na avaliação da construção sustentável	38
Tabela 3.4 - Sistemas de avaliação e certificação de desempenho	40
Tabela 3.5 - Versões LEED, consoante o tipo de utilização dos edifícios	41
Tabela 3.6 - Categorias de Avaliação do BREEAM para a construção nova	43
Tabela 3.7 - Avaliação BREEAM	43
Tabela 3.8 - Avaliação LEED para a construção nova ou reabilitações na vertente da Localização Sustentável	45
Tabela 3.9 - Níveis de certificação do LEED	45
Tabela 3.10 - Áreas de avaliação da sustentabilidade na construção do LiderA	47
Tabela 3.11 - Classificação de desempenho LiderA.....	48
Tabela 4.1 - Objectivos da Reabilitação Urbana	57
Tabela 4.2 - Princípios gerais da Reabilitação Urbana	58
Tabela 4.3 - Pilares da Estratégia Nacional de Habitação	61
Tabela 4.4 - Medidas e iniciativas para a Reabilitação Urbana no contexto da ENH	62
Tabela 4.5 - Evolução, em sete épocas distintas, das soluções construtivas dos edifícios de habitação.....	72
Tabela 5.1 - Normas europeias e Eurocódigos estruturais para verificação dos requisitos da estrutura.....	76
Tabela 6.1 - Critérios de avaliação da vertente económica	94
Tabela 6.2 - Critérios de avaliação da vertente de integração local e de valorização ecológica.....	96
Tabela 6.3 - Critérios de avaliação da vertente de recursos.....	97
Tabela 6.4 - Critérios de avaliação da vertente de conforto térmico	98
Tabela 6.5 - Critérios de avaliação da vertente de iluminação	99
Tabela 6.6 - Critérios de avaliação da vertente de gestão sustentável	100
Tabela 6.7 - Critérios de avaliação da vertente de energia	101
Tabela 6.8 – Classificação de desempenho do Modelo	102
Tabela 7.1 - Soluções construtivas adoptadas para os elementos opacos verticais da envolvente	107
Tabela 7.2 - Soluções construtivas adoptadas para os elementos opacos horizontais da envolvente	108
Tabela 7.3 - Soluções construtivas adoptadas para os vãos envidraçados da envolvente.....	108
Tabela 7.4 – Classe energética obtida para a fracção, consoante cada solução	117
Tabela 7.5 - Classificação da avaliação da sustentabilidade das soluções N1 e N2	118

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ACV – Análise de Ciclo de Vida
ADENE – Agência para a Energia
ADP – Potencial de diminuição das reservas de recursos não renováveis
AP – Potencial de acidificação
AQS – Águas quentes sanitárias
ARU – Áreas de Reabilitação Urbana
BEES – *Building for Environmental and Economic Sustainability*
BPIE – *Building Performance Institute Europe*
BRE – *Building Research Establishment*
BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment*
CED – *Cumulative Energy Demand*
CIB – *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*
CVE – Ciclo de Vida dos Edifícios
DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia
DGMEMN – Direcção Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais
EC – Eurocódigos
ENDS – Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável
EMS – *Environmental Management System*
ENH – Estratégia Nacional para a Habitação
ENR – Energia incorporada não renovável
EPD – *Environmental Product Declarations*
EPE – *Environmental Performance Evaluation*
ER – Energia incorporada renovável
ETICS – *External Thermal Insulation Composite Systems*
EUA – Estados Unidos da América
FFH – Fundo de Fomento à Habitação
Gabi – *Ganzheitlich Bilanzierung* “Equilíbrio holístico”
GEE – Gases de efeito de estufa
GWP – *Global Warming Potential*
ICE – *Inventory of Carbon and Energy*
IFRRU 2020 – Instrumento Financeiro para a Reabilitação e Revitalização Urbanas
IGAPHE – Instituto de Gestão e Alienação do Património Habitacional do Estado
IHRU – Instituto de Habitação e Reabilitação Urbana
INE – Instituto Nacional de Estatística
INH – Instituto Nacional de Habitação
ISO – *International Organization for Standardization*
LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

LiderA – Liderar pelo Ambiente para a Construção Sustentável
 LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
 MARS-SC – Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas
 NRAU – Novo Regime de Arrendamento Urbano
 ORU – Operações de Reabilitação Urbana
 PIB – Produto Interno Bruto
 POCP – Potencial de formação de ozono troposférico
 ProReabilita – Programa de apoio à Reabilitação
 RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
 REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado
 RECRIA - Regime Especial de Comparticipação na Recuperação de Imóveis Arrendados
 RECRIPH - Regime de Comparticipação e Financiamento na Recuperação de Prédios Urbanos em Regime de Propriedade Horizontal
 REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
 REHABITA – Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas
 RERU – Regime Excepcional para a Reabilitação Urbana
 RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas
 RGR – Regulamento Geral do Ruído
 RJRU – Regulamento Jurídico da Reabilitação Urbana
 RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios
 RSA – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes
 RSECE – Regulamento dos Sistemas de Climatização dos Edifícios
 SBCI – *Sustainable Buildings and Climate Initiative*
 SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
 SOLARH – Programa de Solidariedade e Apoio à Recuperação de Habitação Própria
 TEAM – *Tools for Environmental Analysis and Management*
 U – Coeficiente de transmissão térmica
 UE – União Europeia
 UN – *United Nations*
 UNEP – *United Nations Environmental Programme*
 USGBC – *United States Green Building Council*
 XPS – Espuma de poliestireno extrudido

1. Introdução

1.1 Enquadramento do tema

Ao longo das últimas seis décadas tem-se assistido a um rápido processo de urbanização a uma escala mundial, as cidades expandem cada vez mais as suas fronteiras e população.

Esta ruptura morfológica das cidades e a vasta mudança demográfica verificada introduziram profundas alterações a nível económico, social e ambiental. Os recursos necessários para satisfazer os elevados níveis de consumo das áreas urbanas e os resíduos gerados pelas mesmas, exercem uma pressão insustentável sobre o planeta.

As actividades com maior contribuição para o aquecimento global estão concentradas nas áreas urbanas. Análises recentes indicam que ao aumento de 1% do produto nacional bruto corresponde um igual aumento de consumo energético, e que a cada incremento de 1% na população urbana corresponde um aumento de 2,2% no consumo energético. As cidades consomem cerca de três quartos da energia mundial e causam pelo menos três quartos da poluição global, são também responsáveis por 60% do consumo de água potável e por 76% do consumo industrial de matérias-primas (Pires & Bragança, 2011; Seitzinger et. al, 2012). Na União Europeia (UE), 40% do consumo diário de energia primária é devido aos edifícios, sendo estes responsáveis por 18% da totalidade de emissões de dióxido de carbono (CO₂) e 10% das emissões de monóxido de carbono (CO). Este sector da construção absorve cerca de 21% das necessidades energéticas das áreas urbanas (Santamouris, 2013).

No entanto, as cidades ou áreas urbanas são os veículos indispensáveis para a promoção do bem-estar das populações e para o equilíbrio necessário entre as acções do Homem no ambiente, na procura da sustentabilidade do planeta.

A Reabilitação Urbana, dada a sua evolução, tornou-se um tema incontornável do Desenvolvimento Sustentável, pretendendo dar resposta a estes desafios impostos pelo processo global de urbanização, desafios estes de natureza social, económica, ambiental e cultural (Pinho, 2009).

Uma escolha ponderada de materiais e recursos, integrada nas dimensões da sustentabilidade, que potenciem o desempenho energético do parque edificado e

permitam a regeneração do tecido urbano degradado ou a alteração de uso, são cruciais para reduzir o impacto ambiental do metabolismo urbano, diminuindo-se, desta forma, os recursos necessários e consequentemente os resíduos produzidos. Deste modo, a integração da construção sustentável e da eficiência energética em intervenções de reabilitação, surgem como uma inestimável oportunidade de fomento do Desenvolvimento Sustentável.

1.2 Objectivos

Numa fase inicial, esta investigação, tem como objectivo compreender a importância da Reabilitação Urbana no Desenvolvimento Sustentável, sobretudo na sua vertente da eficiência energética dos edifícios, e demonstrar o potencial da sua intervenção na regeneração do tecido urbano degradado.

Após esta primeira etapa, a presente dissertação tem, como principal objectivo, a concepção e desenvolvimento de um modelo de análise de desempenho térmico e energético e a avaliação da sustentabilidade para a reabilitação de fracções autónomas de habitação, tendo por base, a metodologia de cálculo preconizada no Decreto-lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, referente ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

O modelo proposto, desenvolvido numa folha de cálculo em Excel, tem como finalidade expor os parâmetros de cálculo do desempenho energético, das fracções autónomas, a índices de sustentabilidade existentes nos sistemas de avaliação de construção sustentável, de forma a inserir o actual sistema de desempenho energético numa visão mais ampla e compreensiva das dimensões do Desenvolvimento Sustentável. Para tal, e para diversas soluções, o modelo calcula o desempenho energético da fracção autónoma, elabora gráficos de vários parâmetros deste cálculo para uma análise ao desempenho térmico e energético, e, por fim, avalia e classifica a sustentabilidade das diversas soluções.

Desta interacção, entre os modelos de desempenho energético e a construção sustentável, pretende-se alcançar uma ferramenta de apoio à Reabilitação Urbana Sustentável e à sua tomada de decisão na implementação de soluções construtivas, na adopção de sistemas activos e passivos, em intervenções de reabilitação quer em fase de projecto, quer em fase de obra, de fracções autónomas de habitação.

1.3 Metodologia e estrutura do trabalho

A presente dissertação encontra-se dividida em oito capítulos, apresentando-se, de seguida, de forma sucinta, os conteúdos abordados em cada capítulo:

- Capítulo 1 – Introdução – apresenta o enquadramento do tema, os objectivos da investigação e a estrutura e organização do texto, assim como a metodologia utilizada.
- Capítulo 2 – O Desenvolvimento Sustentável – expõe os impactes ambientais, económicos e sociais da expansão urbana, justificando a necessidade de um Desenvolvimento Sustentável e ainda debatendo a evolução e definição deste conceito.
- Capítulo 3 – A Construção Sustentável – refere os impactes ambientais e o peso do sector da construção na economia global, sendo referido o seu âmbito e evolução e definidos alguns dos seus aspectos operacionais. Neste capítulo são, ainda, caracterizadas algumas ferramentas da construção sustentável, como os modelos de análise de ciclo de vida e os sistemas de avaliação de certificação de desempenho ambiental.
- Capítulo 4 – A Reabilitação Urbana – apresenta a evolução do conceito de Reabilitação Urbana e o seu enquadramento no Desenvolvimento Sustentável, assim como a sua contextualização legislativa no panorama nacional. Por último, é caracterizado o parque edificado nacional, com especial incidência para a sua faixa etária e estado de conservação.
- Capítulo 5 – A Eficiência Energética – refere as exigências funcionais dos edifícios e caracteriza o consumo energético habitacional em Portugal. Apresenta, ainda, os factores condicionantes para o desempenho térmico e energético dos edifícios, o modelo de cálculo de classe energética do edificado preconizado pelo REH e o seu enquadramento legislativo.
- Capítulo 6 – Modelo de análise do desempenho térmico e energético e avaliação da sustentabilidade – apresenta o modelo proposto, caracterizando o seu âmbito, metodologia e parametrização.
- Capítulo 7 – Caso de estudo – caracteriza o edifício em estudo e as soluções adoptadas para aplicação do modelo proposto e apresenta os resultados referentes ao desempenho térmico e energético e à avaliação da sustentabilidade.

- Capítulo 8 – Conclusões e desenvolvimentos futuros – expõe as considerações e conclusões finais sobre os resultados obtidos e os desenvolvimentos futuros de modo a dar continuidade ao desenvolvimento do modelo.

Relativamente à estrutura metodológica utilizada, foram definidas diferentes etapas de trabalho, entre as quais, uma etapa inicial de pesquisa bibliográfica, outra de desenvolvimento do modelo, seguida por uma etapa de aplicação experimental do mesmo, de modo a serem atingidos os objectivos propostos nesta dissertação (figura 1.1).

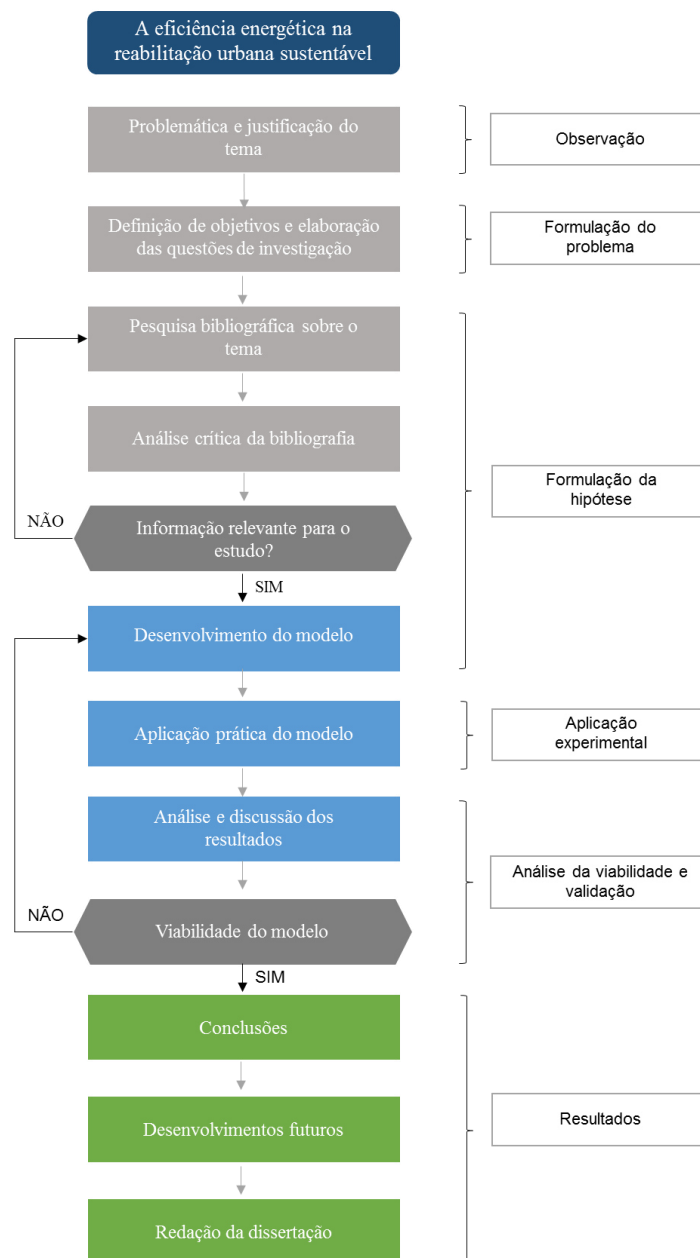


Figura 1.1 - Organograma da estrutura metodológica do plano de dissertação

2. O Desenvolvimento Sustentável

2.1 A necessidade de um modelo sustentável

Ao longo das últimas seis décadas, catalisada pela revolução industrial, iniciada no final do século XVIII, tem-se assistido a um rápido processo de urbanização à escala mundial. O crescimento demográfico e a ruptura morfológica das áreas urbanas, sustentado pelos avanços tecnológicos e uma economia baseada no carbono, conduziram, ao longo do século XX, a profundas transições a nível económico, social e ambiental (Amado et al., 2015).

Em 1950, cerca de 746 milhões de pessoas povoavam as áreas urbanas, correspondendo a 30% da população mundial, e, em 2007, pela primeira vez na história, a população urbana excedeu a população rural. Presentemente, mais de 54% da população mundial é urbana e estima-se que, em 2050, essa proporção atinja 66%, perfazendo um acréscimo de 2.500 milhões aos 4.000 milhões que compõem, actualmente, a população urbana (United Nations, 2014). Na Europa, 72% da população reside em áreas urbanas e, é esperado, que até 2050 este valor atinja os 84% (figura 2.1).

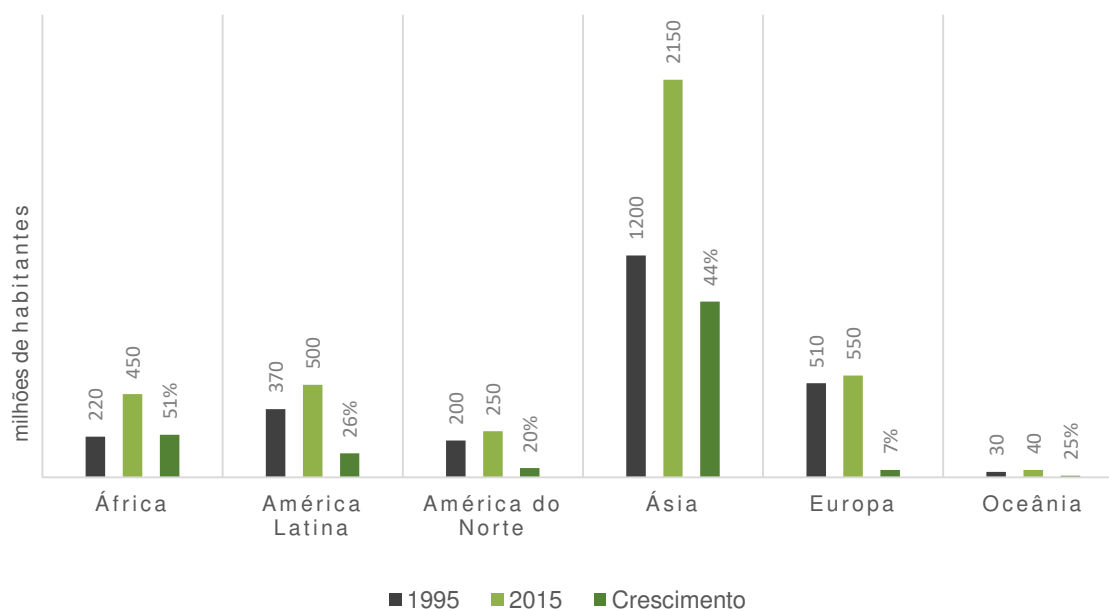


Figura 2.1 - Expansão urbana em 20 anos (1995-2015)
Adaptado e traduzido de United Nations, 2014

Durante o último século, na Europa, a área urbana aumentou 10 vezes por cidadão e, a cada 10 anos, 2% dos terrenos agrícolas são perdidos para o tecido urbano (Santamouris, 2013). As cidades crescem, globalmente, à taxa anual de 2% (3% nos países em desenvolvimento e 0,7% nos países mais desenvolvidos) (Ng, 2009). Em 1800, Pequim era a única cidade com mais de um milhão de habitantes (Chandler, 1987). Em 1990 existiam 10 megacidades (com 10 milhões ou mais de habitantes), em 2014, 28 megacidades e em 2030 é esperado que passem a existir 41 megacidades (United Nations, 2014).

A cidade, considerada por inúmeros autores como a maior criação do Homem e segundo Mumford (1973) “*a mais avançada obra de arte da humanidade*”, é o lugar de maior expressão e reflexo do nosso engenho, aspirações, ideais, actividades e relações como espécie. O desenvolvimento das cidades, desde os primeiros assentamentos permanentes até às cidades contemporâneas, está, intrinsecamente, ligado a três factores, a localização, as inovações tecnológicas e a organização social. Contudo, dadas as transições sentidas nas áreas urbanas e o adensar das suas estruturas físicas, económicas e sociais, promovidas por este processo de urbanização e globalização, faz com que estas difiram do passado pela sua taxa de crescimento, escala e forma. Deste modo, a definição do próprio conceito evoluiu de critérios meramente estatísticos, tais como a sua densidade, e funcionais, para uma visão mais ampla - A cidade é um organismo vivo com um metabolismo complexo e interconectado (Beatley, 2012).

Os actuais padrões elevados de consumo das áreas urbanas, a sua estrutura física e social e, ainda, os resíduos produzidos por este metabolismo, fomentam um modelo de desenvolvimento desprovido de quaisquer preocupações ambientais e que exerce uma pressão insustentável sobre o planeta Terra.

A influência humana nas alterações climáticas é inequívoca, mais de 89% das alterações observadas, desde 1970, em sistemas físicos e biológicos são reacções ao aquecimento global, e, apesar de um crescente número de políticas de mitigação, as emissões antropogénicas de gases de estufa têm vindo a aumentar (Newton 2008; Climatic Change, 2014). De um ponto de vista climático, a história da humanidade pode ser definida como a história da industrialização (Santamouris, 2013).

Nos últimos 150 anos observou-se um aumento da temperatura global da superfície terrestre em cerca de 0,85°C, maior concentração de CO₂ na atmosfera, tendo em 2013

atingido o máximo histórico de 400 ppm (partes por milhão), aumento entre 10 a 25 cm do nível médio do mar e da precipitação média global, colocando em risco as populações que residem em zonas costeiras, isto é, cerca de 50% da população mundial (Climatic Change, 2014) (figura 2.2). Entre 1970 e 2007, a biodiversidade global registou um declínio em cerca de 30%, a pegada de carbono global aumentou mais de um terço desde 1998, e, se o padrão dos níveis de consumo de recursos naturais se mantiver, em 2030 será necessário o equivalente a dois planetas para suprimir estas necessidades (Pollard & World Wide Fund for Nature, 2010).

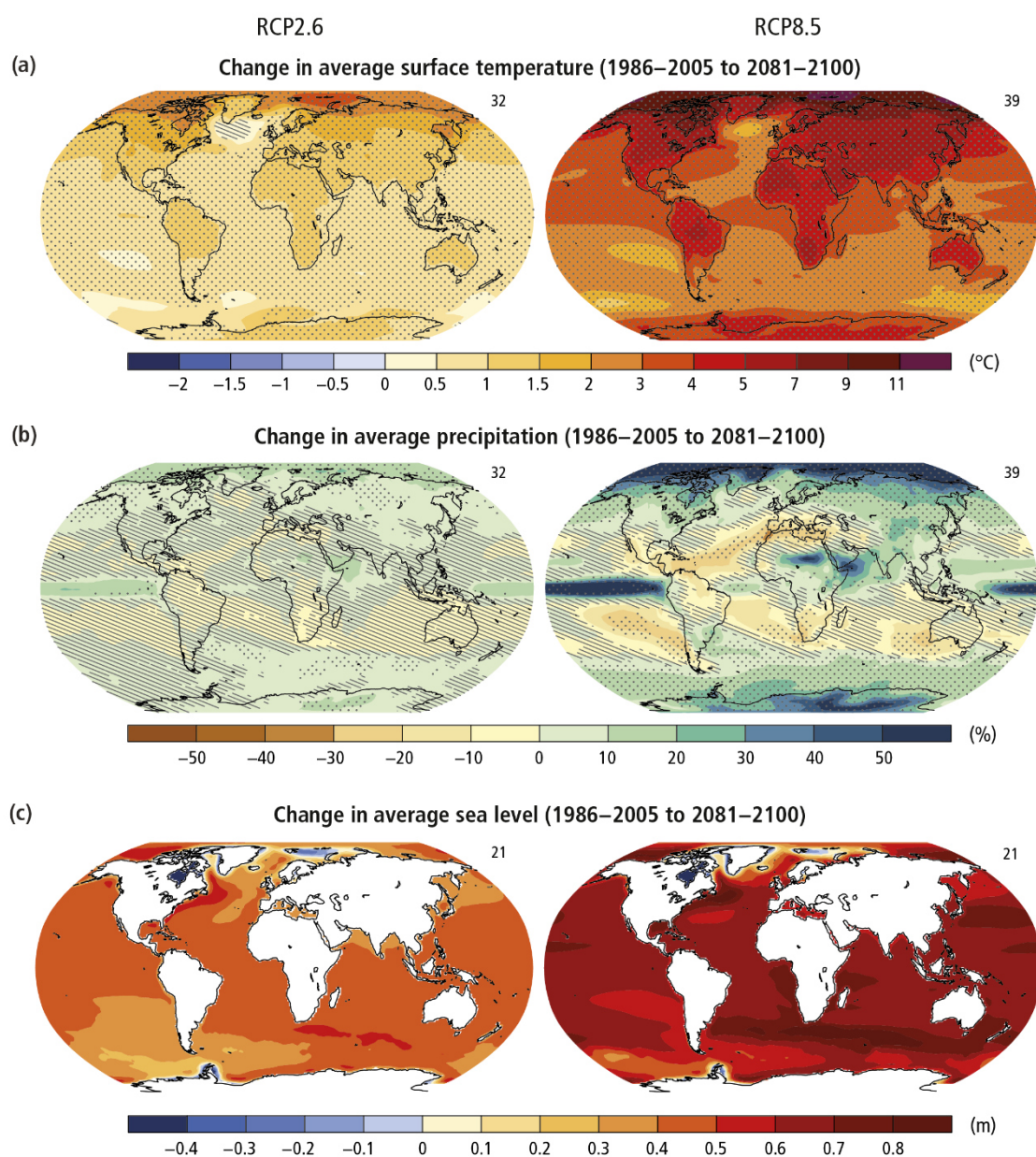


Figura 2.2 - Mapas-Múndi (físicos) – alterações climáticas (temperatura, precipitação, nível do mar) registadas entre 1986 e 2005 e previsões de 2081 a 2100
 Fonte: Climatic Change, 2014

As consequências ambientais da pressão exercida pelo desenvolvimento urbano, sustentado por uma lógica economicista, reflectem-se na imagem de um tecido urbano insustentável e degradado. Este factor, aliado a um ineficiente planeamento urbano, está na origem dos principais problemas urbanos, que, cada vez mais, se adensam e ramificam por entre as suas dimensões social, económica e ambiental (tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Principais problemas urbanos e consequências

Problemas e Consequências	
Habitações inadequadas	Diminuta reciclagem e reutilização de resíduos
Desadequação dos modos de mobilidade	Desigualdade e exclusão social
Aumento constante dos níveis de poluição do ar	Insegurança
Poluição e perturbação do ciclo da água	Deficiente nível de infraestruturização
Consumo elevado de energia	

Adaptado e traduzido de United Nations Habitat, 2013

Apesar de, no limite, estes problemas serem indissociáveis e, em consequência, as suas soluções passarem por uma visão integrada global, os que apresentam maior impacto directo no ambiente estão relacionados com o excessivo consumo energético e de recursos naturais e, por estas razões, a produção de resíduos e poluição, com especial relevância para as emissões de CO₂.

Por exemplo, é paradigma das cidades europeias, com um milhão de habitantes, consumirem diariamente 11.500 toneladas de combustível fóssil, 320.000 toneladas de água e 2.000 toneladas de alimentos. Por outro lado, calcula-se que produzam diariamente 300.000 toneladas de águas residuais, 25.000 toneladas de CO₂ e 1600 toneladas de resíduos sólidos (Rosen, 2000).

Estas necessidades, directas e indirectas, derivadas do uso do território, direccionam, de novo, para a noção de pegada ecológica, que é definida pela quantidade de terreno, mar e água doce que é necessária para fornecer os alimentos e materiais consumidos diariamente (Pollard & World Wide Fund for Nature, 2010). Actualmente, e considerando os finitos recursos do planeta, a pegada ecológica disponível situa-se nos 1,8 gha/pessoa.

No entanto, relativamente ao consumo existente, existe uma disparidade de valores entre os países desenvolvidos e os países em vias de desenvolvimento (figura 2.3). Por exemplo, a pegada ecológica de Londres é de 50 milhões de hectares, sensivelmente 125 vezes a sua área (Santamouris, 2013).

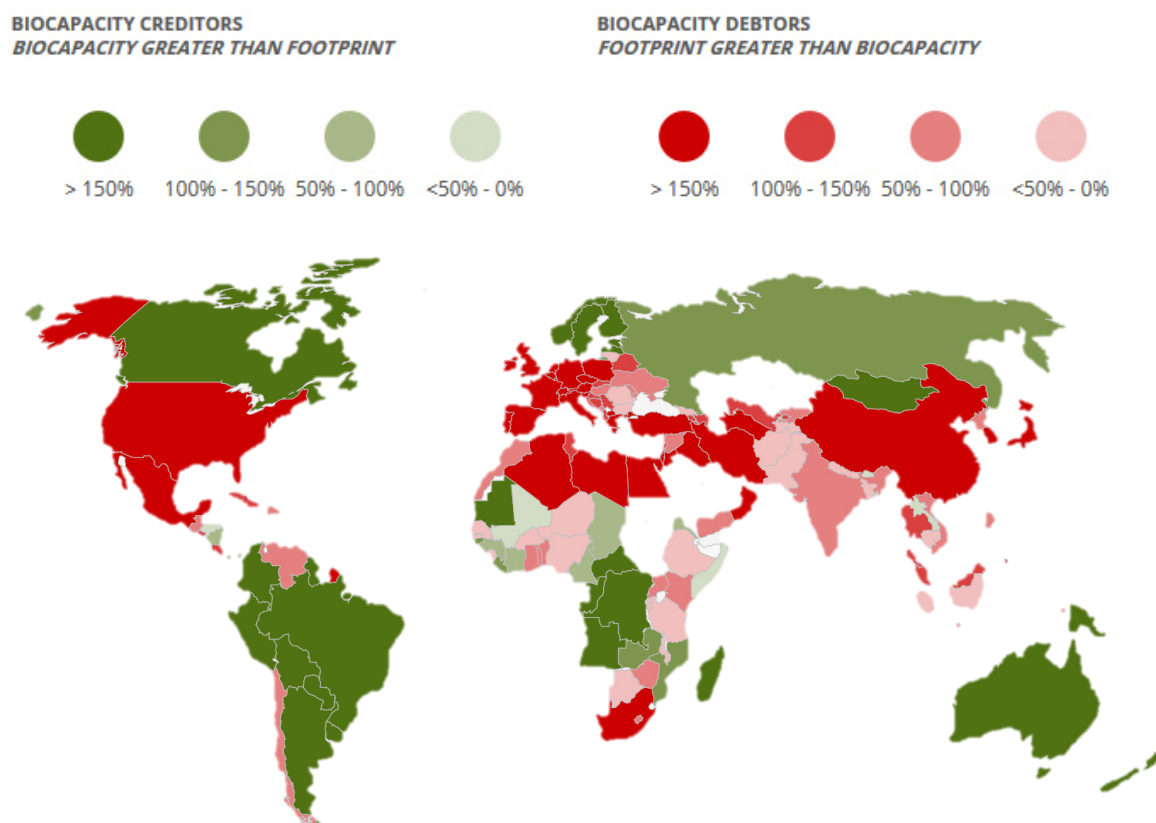


Figura 2.3 - Mapa-Múndi (físico) - pegada ecológica e bio capacidade por região
Fonte: Global Footprint Network, 2012

Estes factos demonstram que os desafios do Desenvolvimento Sustentável estão associados aos países desenvolvidos, pois estes, apesar de apresentarem um crescimento demográfico urbano menos expressivo do que os países em vias de desenvolvimento, são os maiores responsáveis pela delapidação dos recursos naturais e pelas emissões de gases antropogénicos.

Os índices de consumo das áreas urbanas, sobretudo a nível energético, assumem-se como o maior desafio do desenvolvimento a uma escala global, sendo necessária uma profunda transformação e redução das necessidades energéticas do seu tecido físico e de todos os sectores de actividades, estimulando, também, a promoção de padrões de consumo mais

sustentáveis na sua estrutura social. Este desafio passa, principalmente, pela implementação de tecnologias sustentáveis nas cidades e pela percepção da eficiência das mesmas e a que ritmo aquelas conseguem substituir os sistemas actuais, de modo a reduzir o uso excessivo de recursos (Newton, 2008).

Vários modelos, entre os quais o modelo de metabolismo alargado das cidades, têm vindo a ser desenvolvidos nos últimos 30 anos, embora raramente utilizados na sua expressão máxima nas políticas urbanas (Newman, 1999) (figura 2.4).

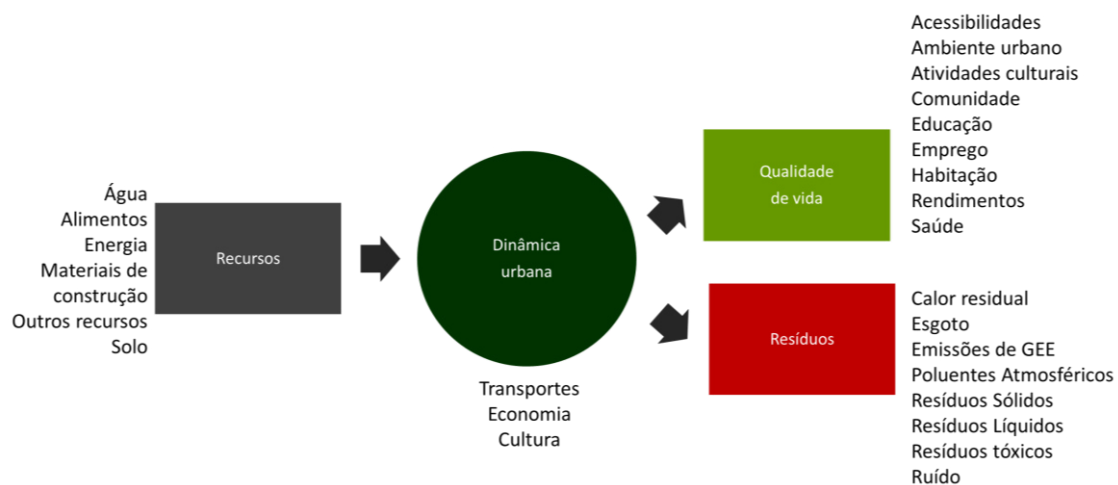


Figura 2.4 - Modelo de metabolismo alargado das cidades
Adaptado e traduzido de Newman, 1999

Estes modelos são bastante úteis, dada a sua capacidade de avaliação da quantidade de recursos necessários e a de resíduos gerados, especificando as necessidades físicas e biológicas da cidade e dos seus habitantes. No entanto, a análise destes modelos, relativamente ao consumo energético não se restringe, apenas, à entrada de recursos, pois, devido à entropia necessária para a transformação de resíduos, a gestão dos mesmos envolve, também, necessidades energéticas e consequente produção de outros resíduos. Isto significa que, a melhor forma de reduzir os impactes, deve ser orientada pela redução da quantidade de recursos utilizados.

Devido a estes impactes ambientais e à degradação contínua da estrutura física e social das áreas urbanas, a reflexão sobre estes temas, relacionados com o insustentável modelo

de desenvolvimento adoptado, passaram, a partir da década de 70 do século passado, a fazer parte da agenda política internacional.

2.2 Definição do conceito

O Desenvolvimento Sustentável não é, propriamente, um conceito recente, devido à sua importância na obtenção de uma sustentabilidade global. Como referido anteriormente, este conceito começou a emergir no início da década de 70 do século passado, em resposta à crescente percepção de que as práticas de desenvolvimento modernas estavam a causar danos sociais e ambientais a um nível global (Wheeler, 2013). Contudo, discutir este conceito acarreta sempre dificuldades, a começar pela sua própria definição. Isto acontece, não só porque a sustentabilidade não é uma condição fácil de se definir, mas também porque este conceito desenvolve-se ao longo de várias dimensões, num processo interdisciplinar e transdisciplinar, devido à imensidão de áreas inerentes e ao vasto número de pessoas envolvidas (figura 2.5).

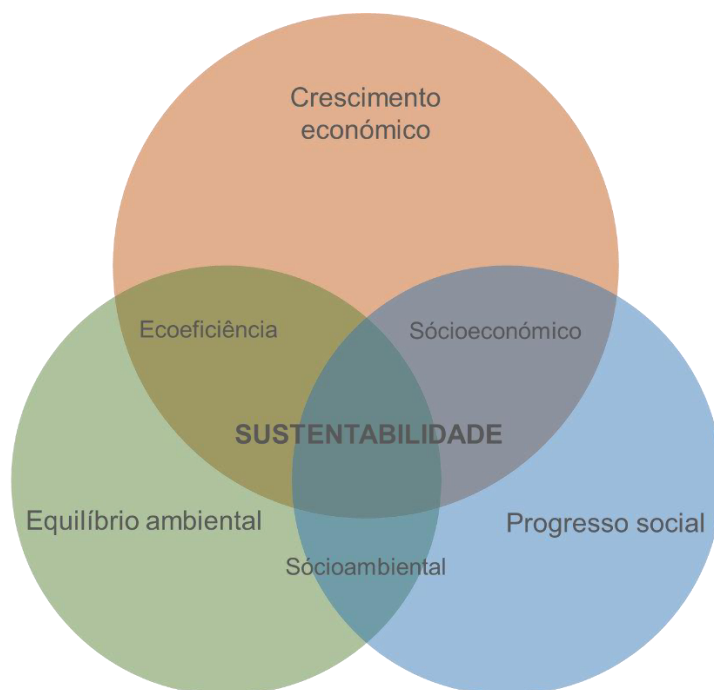


Figura 2.5 - Interação das dimensões do Desenvolvimento Sustentável
Adaptado de Amado et al., 2015

Outro problema relacionado com o Desenvolvimento Sustentável, é de que não se trata de um processo estático e a curto prazo. As cidades são sistemas dinâmicos, onde as suas variáveis são de difícil definição, por estarem sujeitas às rápidas mudanças

socioeconómicas, num mundo cada vez mais interligado e sensível a estas alterações. Por último, o Desenvolvimento Sustentável procura dar resposta a necessidades colectivas e individuais, necessidades estas que reflectem diferentes exigências e diferentes períodos temporais, para a sua resolução. No entanto, uma grande parte dos autores propõem as suas estratégias e princípios para se alcançar um Desenvolvimento Sustentável baseado na definição apresentada no relatório da Comissão Brundtland em 1987 (Keiner et al., 2013):

“Capacidade de tornar o Desenvolvimento Sustentável, de forma a garantir a satisfação das necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”

(World Commission on Environment and Development, 1987)

Esta noção expressa a necessidade de mudança na forma como se utilizam os recursos do planeta e como se orienta o desenvolvimento tecnológico, de maneira a satisfazer as necessidades presentes sem comprometer as aspirações futuras (Hodson & Marvin, 2014).

De uma maneira mais abrangente, o Desenvolvimento Sustentável pode ser definido como a salvaguarda dos recursos do planeta de modo a suportar a vida em toda a sua diversidade ou como a criação de densos espaços humanos habitáveis, com reduzido impacte nos ecossistemas (Colantonio & Dixon, 2011; Keiner et al., 2013).

Como referido anteriormente, o Desenvolvimento Sustentável opera em várias dimensões e em diferentes escalas, sendo um procedimento político que se desdobra num processo económico, o qual afecta a coesão social e a identidade cultural da população, englobado numa vertente ambiental. Por outro lado, ao nível urbano, é um processo de revitalização, de regeneração da cidade, que tem de ser conduzido a médio e longo prazo, agindo, em simultâneo, no espaço físico do território e nos seus habitantes (Roth, 2004).

O Desenvolvimento Sustentável não é exclusivo das áreas urbanas, este processo poderá influenciar outras áreas, urbanas ou não, independentemente da distância entre elas. Isto acontece porque as áreas urbanas consomem recursos e produzem resíduos para além das suas fronteiras e porque a globalização torna os locais mais susceptíveis aos impactes provocados por mudanças externas.

A globalização não é um fenómeno novo, mas as suas conexões diferem do passado. Os avanços tecnológicos permitem o transporte, cada vez mais veloz, de pessoas e mercadorias e a transmissão instantânea de informação, operando numa escala muito maior do que anteriormente, afectando um maior número de pessoas e influenciando, até, os lugares mais remotos. O resultado desta capacidade, quase instantânea, de transmissão e de circulação de informação, pessoas e mercadorias, criou uma maior complexidade nas relações económicas, sociais, culturais e políticas, provocando impactes negativos, como o enfraquecimento das instituições públicas locais e nacionais relativamente ao poderio das economias externas privadas (United Nations Human Settlements Programme, 2004). As cidades não podem ser consideradas individualmente ou sectorialmente, dado que a sustentabilidade só é alcançada como um todo e não por partes. Do mesmo modo, considerar desafios ambientais e de recursos isoladamente tende a criar problemas noutras estruturas (Newton, 2008). Assim, o Desenvolvimento Sustentável tem de ser visto não só como uma oportunidade para melhorar as condições de vida no espaço urbano, onde se está a intervir, mas, também, em lugares a quilómetros de distância (Beatley, 2012).

O conceito de sustentabilidade deve ser compreendido não nas suas dimensões, mas no que se pretende como resultado, surgindo, assim, outro conceito, o de comunidade sustentável. Comunidades sustentáveis são lugares onde as pessoas querem viver e trabalhar, no presente e no futuro. Estas comunidades satisfazem as diversas necessidades da população, são sensíveis ao seu ambiente e contribuem para uma qualidade de vida superior, sendo seguras e inclusivas, bem planeadas e oferecem a todos uma igualdade de oportunidades e serviços (Colantonio & Dixon, 2011). Os mesmos autores referem, ainda, que a sustentabilidade não pode ser reduzida a uma situação estática de “zero-um”, onde “zero” sugere uma situação insustentável e “um” indica a presença de sustentabilidade. Assim, o que está em jogo no Desenvolvimento Sustentável é o limite da própria sustentabilidade, limite a partir do qual o crescimento e desenvolvimento se tornam insustentáveis. O planeamento urbano pode ser um dos caminhos para tornar esses limites mais flexíveis (Owen 1993, apud Amado, 2009)

Em suma, o Desenvolvimento Sustentável é aquele que melhora, a longo termo, a condição dos sistemas humanos e naturais (Wheeler, 2013). Esta definição, simplista e orientada para um processo de bem-estar, evita debates sobre os limites da sustentabilidade e as próprias necessidades a que o Desenvolvimento Sustentável procura dar resposta.

2.3 O processo evolutivo do Desenvolvimento Sustentável

Nos prefácios e introduções de grande parte da literatura sobre o tema são perceptíveis as transições ocorridas no Desenvolvimento Sustentável:

“Muito mudou desde a publicação da primeira edição deste livro, em 1999. Nessa altura, ninguém falava sobre o aquecimento global, as hipotecas imobiliárias e crises económicas. Nós estávamos preocupados com a falta de espaço dos subúrbios modernos, o declínio das cidades centrais, a separação crescente de comunidades por raça e rendimentos e o dano ambiental introduzido pelo desenvolvimento auto dependente...”

(Talen, 2013)

Não que as vicissitudes ou a própria visão de sustentabilidade tenham mudado, mas o adensar dos problemas económicos, ambientais e sociais levaram a novas aproximações e formas de abordar as áreas urbanas. O Desenvolvimento Sustentável tornou-se mais agregador, mais abrangente e consensualmente mais urgente na procura de um equilíbrio.

“Muito mudou desde que escrevi a primeira edição deste livro há quase uma década atrás. A “sustentabilidade” estabeleceu-se como o principal objectivo de muitas profissões e comunidades....Cidades, vilas, regiões, estados, províncias e nações inteiras têm preparado planos de sustentabilidade. Tópicos como sistemas alimentares, mercados financeiros e o aquecimento global tornaram-se as questões centrais da sustentabilidade.”

(Wheeler, 2013)

Acompanhando esta evolução, na forma e na escala, e face à urgência em reverter os impactes ambientais, vários autores têm proposto diferentes abordagens aos modelos de Desenvolvimento Sustentável, sobretudo ao nível de interacção e prioridade das três dimensões da sustentabilidade. Lowe (apud Newton, 2008) considerou que o modelo de decisão necessário para o futuro sustentável da Austrália, passaria pela integração do pensamento ecológico em todo o planeamento social e económico, apresentando uma transição de um modelo inicial, em que a sua dimensão preponderante era o desenvolvimento económico. Os problemas ambientais poderiam ser sempre resolúveis se os índices económicos fossem favoráveis, para um modelo que assume a economia

como um subgrupo da dimensão social e que, similarmente, a ecologia do planeta é a dimensão que constrange a sociedade humana (figura 2.6).

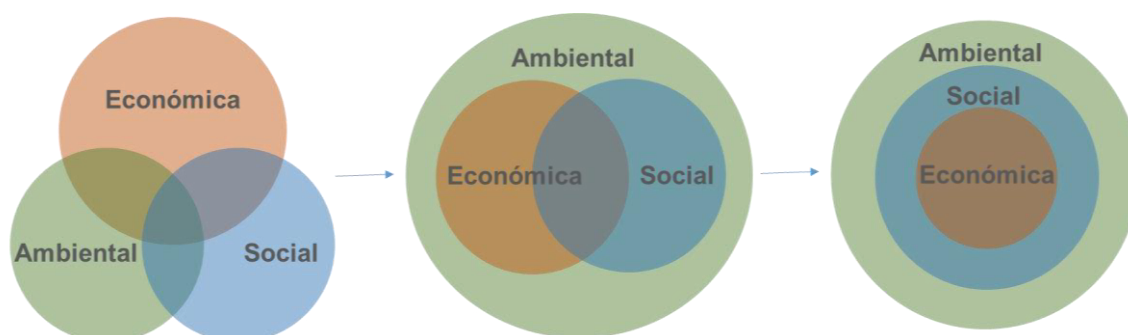


Figura 2.6 - Transição dos modelos de decisão do Desenvolvimento Sustentável
Adaptado e traduzido de Newton, 2008

Os primeiros acordos e princípios estabelecidos por vários governos a nível internacional, na procura de estratégias e modelos de desenvolvimento para um futuro sustentável, foram alcançados em Estocolmo na “Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Urbano”, em 1972, tornando-se um marco histórico para o Desenvolvimento Sustentável. Quatro anos antes, em Itália, um grupo de indivíduos de diferentes nacionalidades e actividades profissionais reuniu-se para debater o estado actual e futuro da humanidade. Deste encontro, também conhecido por Clube de Roma, foi elaborado um relatório, onde se pôs em causa a possibilidade do ambiente suportar, a médio e longo prazo, o crescimento populacional. Já em 1962, a bióloga Rachel Carson alertara para os perigos da utilização de químicos na indústria e as suas consequências no meio ambiente, com a publicação do seu livro “Silent Spring” (Carson, 2002).

Em 1983, e no seguimento da conferência de Estocolmo, a primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland é mandatada pela Assembleia Geral das Nações Unidas para a formulação de estratégias globais com o intuito de promover e assegurar um Desenvolvimento Sustentável. Em 1987, é publicado o documento com este conjunto de medidas, denominado “Our Common Future” (também denominado Relatório de Brundtland), pela Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento (tabela 2.2). Este relatório introduziu a dimensão ambiental no processo e definição do conceito de

Desenvolvimento Sustentável, apontando ainda para a insustentabilidade dos padrões de produção e consumo do modelo de desenvolvimento praticado.

Tabela 2.2 - Conjunto de medidas apresentadas no Relatório de Brundtland

Relatório de Brundtland “Our common future”

Limitação do crescimento populacional

Garantia de recursos básicos a longo prazo, tais como água, energia e alimentos

Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas

Diminuição do consumo de energia e promoção do uso de fontes energéticas alternativas (solar, eólica e geotérmica)

Aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas

Controle da urbanização e articulação entre cidades e zonas rurais

Garantia das necessidades básicas às sociedades, tais como a educação, a saúde e a habitação condigna

Adaptado e traduzido de World Commission on Environment and Development, 1987

A Eco-92, também conhecida como a Cimeira da Terra, realizada no Rio de Janeiro em 1992, veio consolidar os princípios abordados na conferência de Estocolmo. Desta cimeira das Nações Unidas é elaborado e adoptado pelos 179 países participantes a Agenda 21. Este documento é, até hoje, uma das mais abrangentes tentativas de se atingir o Desenvolvimento Sustentável e uma demonstração de um esforço global sem precedentes para reverter a degradação do planeta (Sitarz, 1993). Neste plano, com o intuito de ser implementado em três diferentes escalas, global, nacional e local, são abordados entre outros, temas ligados à criação de emprego, diminuição das desigualdades regionais, construção de cidades sustentáveis e preservação e regeneração ambiental (Romão, 2015). Desta cimeira surge, também, o documento fundador das modernas políticas de ambiente a nível internacional, regional, nacional e local, a declaração dos Princípios do Rio, que, apesar de ter como tema central a protecção do ambiente, aborda o Desenvolvimento Sustentável como sendo muito mais do que a compatibilização do ambiente com o crescimento económico, englobando aspectos de carácter social e cultural (Cupeto et al., 2007).

Dois anos mais tarde, em 1994, teve lugar, na Dinamarca, na cidade de Aalborg, a primeira Conferência Europeia de Cidades e Vilas Sustentáveis, com o objectivo de promover a Agenda 21 Local e onde é aprovada e adoptada, por 80 cidades, a Carta das Cidades Europeias para a Sustentabilidade (Carta de Aalborg). Em 1996, decorreu em Lisboa a segunda edição desta conferência, sendo aprovado o Plano de Acção de Lisboa - da Carta à Acção, com o objectivo, face à reduzida implementação da Agenda 21 Local, de reforçar os seus princípios e processos.

O Tratado de Amsterdão, de 1997, foi o primeiro documento a estabelecer o Desenvolvimento Sustentável como o pilar de desenvolvimento da UE. A política ambiental ganhou relevância, sendo exigida a realização de estudos preliminares de impacte ambiental, em projectos de grande investimento (Castanheira, 2013). Ainda nesse ano, é elaborado o Protocolo de Quioto, tornando-se um marco no desenvolvimento de estratégias para a mitigação das alterações climáticas. Uma das medidas mais importantes foi a obrigatoriedade na redução em 5%, valor variável e individualizado para cada país industrializado, das emissões de CO₂, face ao ano base de 1990, meta para ser alcançada no período compreendido entre 2008 e 2012. Este protocolo internacional foi implementado, efectivamente, em 2005, após terem sido, por fim, concluídas todas as negociações pelos Acordos de Marraquexe em 2001 (UNFCCC, 2008) .

Em 2000, teve lugar, em Hanôver, a terceira edição da Conferência Europeia de Cidades e Vilas Sustentáveis, de onde surge a Declaração de Hanôver, apelando às 650 autoridades locais e regionais, de 32 países europeus e abrangendo 130 milhões de cidadãos, ao compromisso com a sustentabilidade a nível local e com os princípios definidos na Carta de Aalborg. Ainda neste ano e nessa mesma cidade, ocorreu a Exposição Universal (EXPO 2000 Hannover), com o intuito de assegurar de que o planeamento e a construção relativa à mesma representariam um desenvolvimento sustentável para a cidade, região e mundo, são aplicados os Princípios de Hanôver (The Hannover Principles: Design for Sustainability), direccionados para a construção sustentável (McDonough, 1992).

Em 2001, a Comissão Europeia publicou a Estratégia da UE para o Desenvolvimento Sustentável propondo medidas para fazer face às alterações climáticas e diferenças sociais, promovendo ambientes mais saudáveis (Castanheira, 2013).

Em 2002, e no âmbito da Agenda 21, Portugal cumpre o seu compromisso internacional e elabora a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS), que visa a

mobilização de todos os parceiros sociais para a operacionalização do Desenvolvimento Sustentável. Desta, surge a primeira referência aos instrumentos de implementação da ENDS, a Agenda 21 Local, apelando a um trabalho conjunto entre as comunidades locais e as autoridades, num processo dinâmico e participativo, de modo a que sejam cumpridos os objectivos estabelecidos naquela Agenda.

Os Compromissos de Aalborg, alcançados em 2004 durante a reunião das Autoridades Locais Europeias na quarta Conferência Europeia de Cidades e Vilas Sustentáveis, “Inspirando o Futuro – Aalborg+10”, vinculam a necessidade de abordagens mais precisas e integradas nas políticas locais para assegurar o Desenvolvimento Sustentável (Castanheira, 2013) (tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Os 10 compromissos de Aalborg

Compromissos de Aalborg	
1. Governança	6. Melhor mobilidade, menos tráfego
2. Gestão local para a sustentabilidade	7. Acção local para a saúde
3. Bens comuns naturais	8. Economia local dinâmica e sustentável
4. Consumo responsável e opções de estilo de vida	9. Equidade e justiça social
5. Planeamento e desenho urbano	10. Do local para o global

Adaptado de União Europeia, 2004

A quinta edição desta conferência, decorrida em Sevilha, em 2007, visou a implementação dos Compromissos de Aalborg e o comprometimento dos governos locais europeus na adaptação das suas políticas e acções em prol da sustentabilidade. Da sexta edição, realizada em 2010, em França, um ano após a Conferência das Nações Unidas sobre as alterações climáticas (COP 15 Copenhaga), surge a Declaração de Dunquerque – Sustentabilidade Local (The 2010 Dunkerque declaration on local sustainable development) e o Apelo de Dunquerque – Acção pelo Clima (The 2010 Dunkerque declaration on climate) (Amado et al., 2015).

Na carta de Leipzig sobre as Cidades Sustentáveis, redigida em 2007, os Estados Membros da EU definem, pela primeira vez, o modelo ideal de cidade para a Europa do século XXI. Este documento é composto por recomendações para a elaboração de

estratégias comuns para uma política urbana direccionada para o Desenvolvimento Sustentável (tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Recomendações da Carta de Leipzig sobre as Cidades Sustentáveis

Recomendações da Carta de Leipzig

1. Maior recurso a abordagens de políticas de desenvolvimento urbano integrado – elaboração de programas de desenvolvimento urbano integrado para as cidades no seu conjunto – criação de espaços públicos de qualidade e modernização.

- Criação e preservação de espaços públicos de qualidade.
- Modernização das redes de infraestruturas e melhoria da eficiência energética.
- Políticas activas em matéria de inovação e educação.

2. Atenção particular aos bairros carenciados no contexto da cidade – coesão social e integração nas cidades e nas zonas urbanas.

- Prosseguir estratégias para melhorar o ambiente físico.
- Reforçar a economia local e política local de mercado de trabalho.
- Adoptar políticas activas em matéria de educação e formação de crianças e jovens.
- Promover transportes urbanos eficientes e a preços razoáveis.

Adaptado de UE, 2007

Em 2010, a convite da Presidência Espanhola e num contexto de crise financeira, económica e social, Ministros dos Estados Membros Europeus reuniram-se na cidade espanhola de Toledo para discutir a Regeneração Urbana Integrada. Deste encontro, surgiu a Declaração de Toledo, que tem como objectivo a definição de estratégias para tornar possível o modelo de cidade mais inteligente, sustentável e socialmente inclusiva, tendo em consideração a dimensão urbana da presente crise e os desafios futuros que as cidades europeias enfrentam (Desarrollo & Urbano, 2010).

Nesse mesmo ano, a Comissão Europeia, numa parceria entre a UE e os seus Estados Membros, propõe um novo desafio para a década seguinte, a Estratégia Europeia 20/20/20 (redução de 20% das emissões, incremento de 20% da quota de utilização das energias renováveis e incremento de 20% em eficiência energética), orientada para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo (tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Orientação e objectivos da Estratégia Europeia 20/20/20

Estratégia Europeia 20/20/20	
Orientação	
<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento inteligente – promoção do conhecimento, inovação, educação e sociedade digital. • Crescimento sustentável – economia produtora mais competitiva ao nível dos mercados e mais eficiente ao nível dos recursos. • Crescimento inclusivo – aumento da taxa de participação no mercado de trabalho, aquisição de qualificações e combate à pobreza. 	
Objectivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Tirar 20 milhões de pessoas da pobreza. • Reduzir a taxa de abandono escolar para menos de 10% e assegurar que pelo menos 40% da geração mais jovem dispõe de um diploma do ensino superior. • Cumprir os objectivos em matéria de clima/energia «20/20/20». • Investir pelo menos 3% do PIB da União Europeia em inovação e desenvolvimento. • Assegurar o emprego de 75% da população entre os 20 e os 64 anos. 	

Adaptado de Comissão Europeia, 2010

Ainda, num contexto de crise económica, decorreu em 2013, em Genebra, a sétima edição da Conferência Europeia de Cidades e Vilas, centrada no reforço das economias locais e onde foram propostas formas de investimento sustentável, os “Smart Spending”, focados no desempenho energético dos edifícios, gestão de recursos e na resiliência das cidades face aos impactes das alterações climáticas (Alkalaje, 2013).

Em Setembro de 2015, na sede da Nações Unidas, em Nova Iorque, quando das celebrações do septuagésimo aniversário deste organismo, foi alcançada uma resolução final relativa às novas metas globais do Desenvolvimento Sustentável, para serem alcançadas até 2030, a Agenda 2030 (tabela 2.6). Estes objectivos são o reflexo da grande ambição e determinação, por parte das Nações Unidas, face à problemática da sustentabilidade.

Tabela 2.6 - 17 Metas globais para o Desenvolvimento Sustentável

Dezassete metas globais para o Desenvolvimento Sustentável

1. Erradicar a pobreza em todas as suas formas em todo o mundo.
2. Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar e uma nutrição melhorada e promover a agricultura sustentável.
3. Assegurar vidas saudáveis e promover o bem-estar para todos e em todas as idades.
4. Assegurar uma educação de qualidade, inclusiva e equitativa, e promover as oportunidades de formação contínua para todos.
5. Alcançar uma igualdade de género e atribuir competências a todas as mulheres e raparigas.
6. Assegurar a disponibilidade e uma gestão sustentável de água e saneamento para todos.
7. Assegurar o acesso a energia a preços acessíveis, fiável, sustentável e moderna para todos.
8. Promover um crescimento económico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.
9. Construir uma infraestrutura sólida, promover uma industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
10. Reduzir a desigualdade nos países e entre países.
11. Tornar as cidades e povoaamentos humanos inclusivos, seguros, sólidos e sustentáveis.
12. Assegurar um consumo e padrões de produção sustentáveis.
13. Implementar acções urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactes.
14. Conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos, lagos e recursos marinhos no sentido de um Desenvolvimento Sustentável.
15. Proteger, restaurar e promover uma utilização sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir as florestas de forma sustentável, combater a desertificação e parar e reverter a degradação da Terra e interromper a perda de diversidade.
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o Desenvolvimento Sustentável, assegurar o acesso de todos à justiça e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas a todos os níveis
17. Reforçar os meios de implementação e revitalizar as parcerias globais no sentido de um Desenvolvimento Sustentável.

Adaptado de United Nations, 2015

Finalmente, este longo caminho percorrido pela agenda política internacional (figura 2.7), vem uma vez mais reforçar a necessidade de mudança do actual modelo de desenvolvimento das sociedades e, apesar do adensar dos problemas urbanos, das

difficultades em reduzir os actuais padrões de consumo e dos efeitos, cada vez mais frequentes e intensos, das alterações climáticas, estes desafios devem ser encarados como uma oportunidade única em reverter o rumo dos acontecimentos e alcançar um desenvolvimento inserido num modelo sustentável, proporcionando superior qualidade de vida para as sociedades e reduzindo os impactes negativos no ambiente.

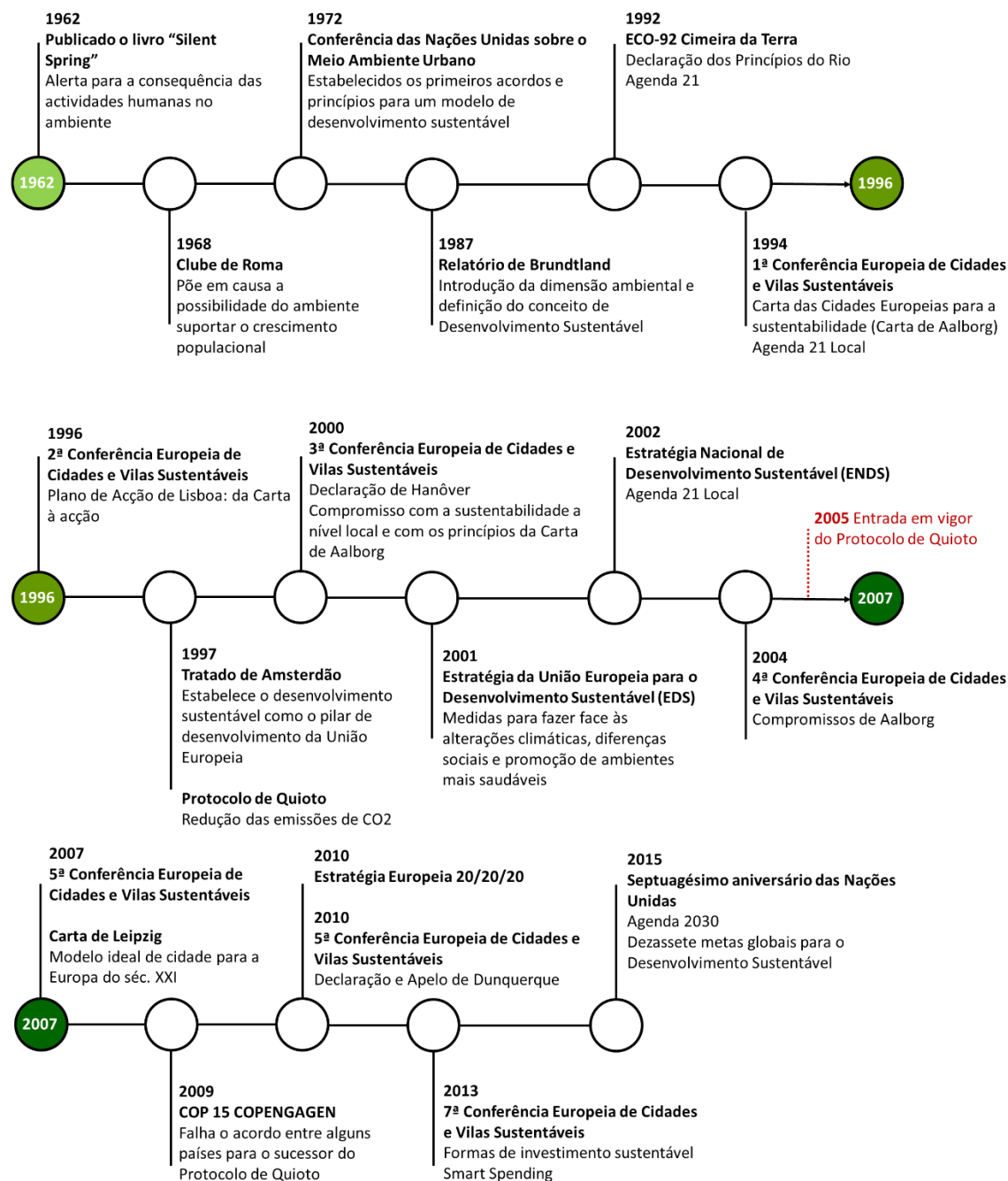


Figura 2.7 - Evolução da agenda política internacional sobre o Desenvolvimento Sustentável

3. A Construção Sustentável

3.1 A necessidade de uma gestão ecológica e eficiente no sector da construção

A indústria da construção assume-se como um dos mais relevantes sectores a nível mundial quer pelo seu peso na economia, quer pela sua importância na promoção de bem-estar das sociedades ou, ainda, pelos impactes que provoca no ambiente, devido aos seus processos poluentes e agressivos (figura 3.1).

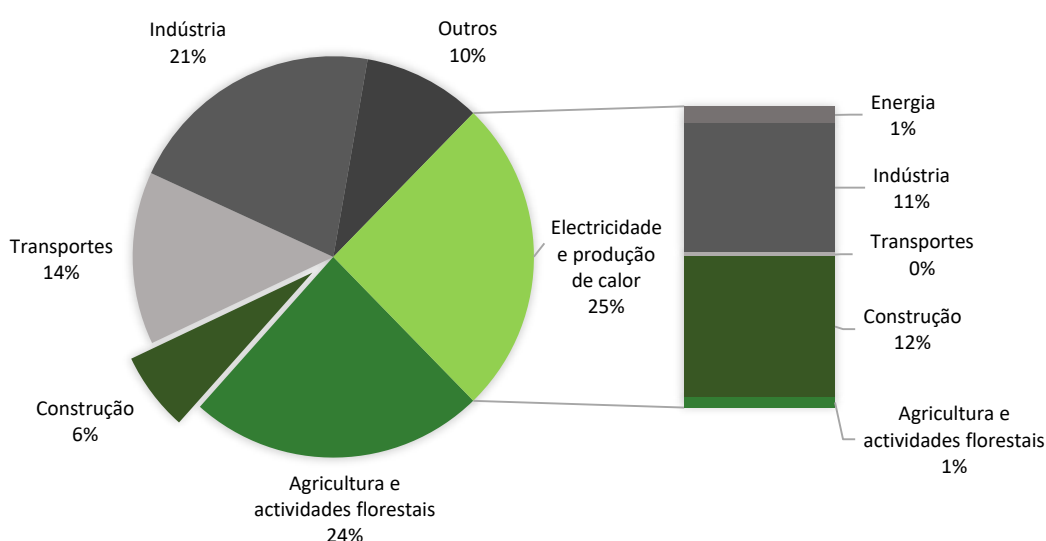


Figura 3.1 - Emissão de gases de efeito de estufa (GEE) por sector
Adaptado de Climatic Change, 2014

Este sector representa 10% do produto interno bruto (PIB) global e, da sua inter-relação com outras actividades e industrias mais de 40% do PIB, empregando cerca de 111 milhões de indivíduos. Esta actividade consome cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis e produz cerca de 40% da totalidade dos resíduos sólidos. Os edifícios são responsáveis pelo consumo de 40% da energia global, sendo que os edifícios de uso habitacional e comercial absorvem 60% da produção de energia eléctrica, 25% da água existente, 40% dos recursos naturais e emitem, aproximadamente, um terço das emissões de gases de estufa. Este consumo, relativo ao parque edificado, está na base de grande parte das emissões de gases nocivos, e é um dos principais responsáveis pelo aquecimento global e pelas alterações climáticas (UNEP-SBCI, sem data). Por exemplo, 35% das

emissões de CO₂, na Holanda, é derivada do uso energético dos edifícios, superior às emissões produzidas pela indústria (31%) e pelos transportes (22%) (Dijkman, 2010).

No início da década de 90 do século passado, dada a evidente relação do sector da construção nos impactes ambientais e a consequente necessidade de mudança dos seus processos, começa a emergir o envolvimento desta indústria na dimensão ambiental, iniciando-se a absorção dos princípios e objectivos do Desenvolvimento Sustentável e induzindo uma mudança de paradigma desta actividade. Em 1994, numa conferência do Conselho Internacional de Construção, isto é, *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB), realizada nos EUA, Charles Kibert, introduz pela primeira vez o conceito de construção sustentável:

“A criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos (para evitar danos ambientais) e a utilização eficiente de recursos.”

(Kibert, 1994)

Ainda no âmbito desta conferência, foram delineados os seis princípios fundamentais da construção sustentável (figura 3.2).



Figura 3.2 - Princípios fundamentais da construção sustentável
Adaptado de Pereira, 2015

Já em 1992, e anteriormente abordado neste texto, William McDonough define os Princípios de Hannover (The Hannover Principles: Design for Sustainability), de onde se destacam certos aspectos relativos à construção sustentável (tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Aspectos relevantes dos Princípios de Hanôver

The Hannover Principles: Design for Sustainability

A flexibilidade do edifício deve permitir a alteração do seu uso derivado das actividades humanas.

A importância na análise e selecção dos materiais baseados no seu ciclo de vida, energia incorporada e a sustentabilidade dos mesmos nas diferentes fases do ciclo de vida dos edifícios.

A adopção de soluções passivas dependentes das condições climáticas locais, reduzindo a utilização de soluções activas.

O recurso a energias renováveis, com evidência para a energia solar, para a colmatação das necessidades humanas.

A gestão da água, tornando a reutilização das águas pluviais determinantes na sustentabilidade deste ciclo.

Adaptado e traduzido de McDonough, 1992

Os consumos de recursos, o impacte ambiental e a qualidade do ambiente construído, assim como as condicionantes económicas e socioculturais, começam a ser, progressivamente, equacionados nesta indústria, onde antes a qualidade do processo construtivo era apenas vocacionada para o tempo despendido e os custos associados, centrando na eficiência das obras e na qualidade definida em projecto, de forma a recuperar, o mais rapidamente possível, o seu investimento inicial (Farias, 2010).

Neste sentido, a construção passa a direccionar os seus princípios, baseados na sustentabilidade, para a redução dos consumos energéticos e de água, para a melhoria do conforto interior, para a maximização da durabilidade das construções, para a utilização de materiais ecológicos e para a minimização da produção de resíduos, numa vertente económica e competitiva relativamente aos processos anteriores (Farias, 2010). De uma forma mais generalista, para ser sustentável, qualquer empreendimento terá de ser ecologicamente pensado, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceite (Dias, 2012).

Devido a estas novas prioridades da construção face à actual incompatibilidade dos processos tradicionais de construção com os princípios do Desenvolvimento Sustentável,

começam a surgir novos modelos e abordagens de operacionalização, avaliação e certificação da construção (figura 3.3).

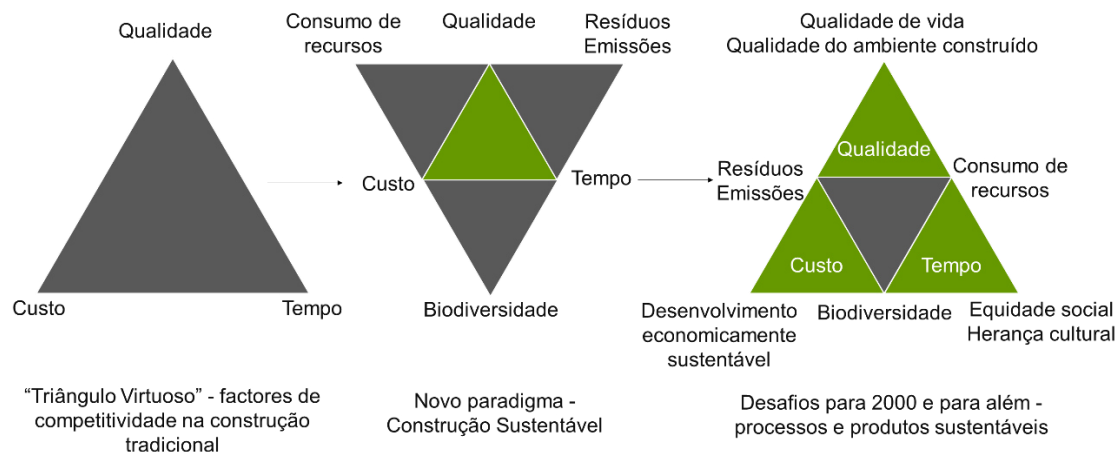


Figura 3.3 - Evolução das preocupações na construção
Adaptado de Amado et al, 2015

A aplicação destes modelos e abordagens introduzem um envolvimento com análises de ciclo de vida (ACV) quer dos edifícios, quer dos materiais, e a sua associação a parâmetros de quantificação de recursos e resíduos, tais como a energia incorporada e, mais recentemente, o carbono incorporado. Estes métodos de análise permitem uma avaliação de sustentabilidade dos impactos da construção, relativos às três dimensões do Desenvolvimento Sustentável, originando a progressiva adopção dos mesmos e ao desenvolvimento de sistemas de avaliação e certificação de desempenho das construções, nomeadamente sistemas de certificação energética e de avaliação de desempenho ambiental.

Resumidamente, a transição deste sector, imposta pelas necessidades do Desenvolvimento Sustentável, conduziu a um conceito de construção, sustentável, que abrange preocupações relativas ao uso de recursos e à conservação da biodiversidade, à eficiência energética, à emissão de gases nocivos aos ecossistemas e à saúde humana e, ainda, à produção de resíduos, factores que, anteriormente, na maioria dos casos, não eram considerados ou estavam relegados para um papel secundário.

3.2 O processo operativo da Construção Sustentável

Impulsionada pela necessidade de aumentar o desempenho deste sector e potenciar a construção de forma a ser compatibilizada com os desígnios do Desenvolvimento Sustentável, a abordagem integrada pelo ciclo de vida dos edifícios (CVE) tornou-se a principal ferramenta de gestão para análise e tomada de decisão sob o ponto de vista ambiental (figura 3.4). O CVE tem como objectivo analisar os impactes ambientais provocados pelo edifício, ao longo de todas as fases do seu ciclo de vida (Mateus, 2004).

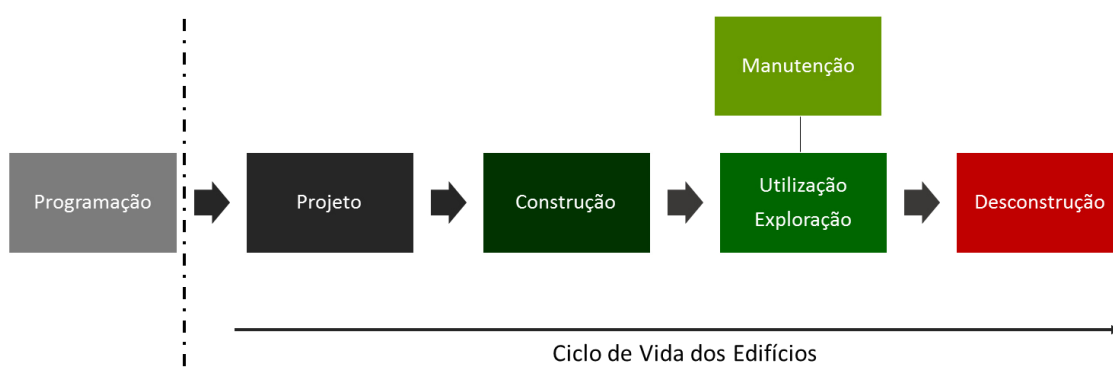


Figura 3.4 - Ciclo de vida dos edifícios
Adaptado de Dias, 2012

O CVE é composto por quatro fases distintas, a primeira delas correspondente ao projecto, a seguinte, de construção, a terceira fase, de utilização/exploração e, em simultâneo, manutenção do edifício e, finalmente, a fase de fim de ciclo de vida – a desconstrução. Para além destas, existe, ainda, uma etapa preliminar, a fase de programação, que, apesar de não pertencer ao ciclo de vida do edifício, é determinante em todo este processo.

Fase preliminar – programação

Esta etapa, definida pelo cliente, determina a abordagem a considerar, definindo-se as características relativas ao uso e às actividades do edifício, aos níveis de conforto e eficiência pretendidos e aos requisitos socioeconómicos. Deste modo, é perceptível a sua influência directa nas opções de projecto, com impacto no nível da sustentabilidade.

1ª fase – projecto

Nesta fase, numa abordagem inicial, analisa-se o espaço envolvente, quanto às suas características bioclimáticas, tais como a exposição solar, os ventos predominantes, a temperatura, a pluviosidade e o nível de ruído. Estas informações vão suportar a formulação das soluções passivas, soluções construtivas e materiais a adoptar. Esta fase é determinante nas consequências e nos impactes ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, estimando-se que 80% dos consumos são definidos nesta etapa.

2ª fase – construção

Devido ao elevado número de tarefas simultâneas e à quantidade de intervenientes em jogo, é uma fase bastante propensa à ocorrência de erros, que poderão levar à ineficiência das soluções adoptadas e ao encarecimento da empreitada. Assim, é indispensável um correcto planeamento da construção e um controlo e monitorização minuciosa dos seus processos.

3ª fase – utilização/exploração

Apesar dos sistemas e soluções passivas, definidas em fase de projecto, serem, em grande parte, os responsáveis pelo conforto térmico sentido no interior do edifício, o cumprimento dos requisitos definidos é, directamente, dependente dos utilizadores e parte dos impactes estão associados à interacção destes com os sistemas complementares ou activos de conforto térmico. O consumo excessivo de energia registado, nesta etapa, é devido à utilização de equipamentos como o ar-condicionado e aquecimentos e, também, ao uso referente aos electrodomésticos, tais como frigoríficos e televisores. A produção de resíduos urbanos, nesta fase, é, também, inerente à postura ambiental dos seus utilizadores, sendo estes responsáveis pela separação selectiva dos mesmos. A manutenção, fase que ocorre, paralelamente, à utilização, incide nos procedimentos a realizar, de forma a prolongar o nível de eficiência do edifício ao longo do seu ciclo de vida (evitando perdas), que possam contribuir para a poupança de energia ou desvios que conduzam ao aumento de produção de resíduos. Deste modo, um manual de utilização/exploração e um manual de manutenção são cruciais para o correcto desempenho do edifício e para a obtenção dos níveis de eficiência, designados em projecto.

4ª fase – desconstrução

A desconstrução visa o aproveitamento ou reaproveitamento dos materiais disponíveis para novos fins, sendo esta gestão monitorizada e abordada em fase de projecto. Os materiais que não padeçam de tal gestão deverão ser encaminhados para entidades competentes, responsáveis pela sua separação selectiva e posterior reciclagem.

Estas fases, constituídas por processos de cariz preventivo, devem ser articuladas e monitorizadas, entre e ao longo das suas diferentes etapas e entendidas como um todo (Farias, 2010). A análise das mesmas é fulcral para a determinação dos impactes associados ao longo deste ciclo, permitindo assim programar intervenções de forma a minimizar os impactes em cada uma destas fases.

Segundo Amado et al (2015), o CVE é determinante no processo de construção sustentável, pois permite, ainda na fase de concepção, a avaliação do impacto das opções definidas para a obtenção de um desempenho mais eficiente, de acordo com os seguintes critérios:

- Aumento do tempo de vida das construções – determinado na fase de projecto e relacionado com todos os aspectos construtivos, desde a selecção de materiais até aos sistemas construtivos adoptados, com influência até à fase de utilização, em que o manual de utilização e manutenção são essenciais para a preservação e eficiente utilização do edifício.
- Economia de energia, água e materiais, que acompanha este ciclo, desde a escolha das soluções construtivas e de materiais na fase de projecto, passando por uma produção eficiente e pela redução de resíduos em obra e, finalmente, na sua fase de utilização, através do manual correspondente, onde devem ser recomendadas medidas para uma eficiente gestão de recursos.
- Redução das emissões de carbono – este critério deverá ser considerado em todo o ciclo de vida dos edifícios, desde a selecção de materiais, das estratégias passivas para redução do consumo energético e de utilização do edifício.
- Utilização de materiais reutilizáveis e/ou recicláveis de origem natural e local – a escolha dos materiais em fase de projecto deverá ter em consideração os materiais

locais e naturais disponíveis, tendo em conta o potencial de reciclagem e da reutilização no final do seu ciclo de vida.

Amado et al (2015) referem, ainda, que estes critérios são passíveis de estruturação em cinco áreas de acção, nomeadamente a localização sustentável, a eficiência do uso da água, e eficiência ao nível energético, a preservação dos recursos e de redução de uso de materiais e, finalmente, a qualidade ambiental no interior dos edifícios e, conseguinte, na definição dos parâmetros principais de sustentabilidade (água, emissões, energia, recursos e resíduos) e transversais aos princípios da construção sustentável e, que por sua vez, se relacionam ao longo de todas as fases do CVE.

Sendo assim, é compreensível o papel determinante dos materiais no desempenho do edificado quer pelo critério de selecção para a sua adopção na solução construtiva, que irá influenciar directamente o desempenho ao nível do conforto térmico e acústico, quer pelos aspectos e impactes ambientais, associados ao longo do seu ciclo de vida. Assim, para além da análise das suas características técnicas, é, de igual modo importante considerar a avaliação dos seus impactes ambientais, e analogamente ao CVE, realizada através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (figura 3.5). Esta metodologia surgiu em 1990, e permite quantificar e avaliar os impactes ambientais de um determinado material ou produto, ao longo do seu ciclo de vida, ou seja, desde a sua extracção e processamento, à fabricação, transporte e distribuição, e, ainda, à sua utilização, manutenção, reciclagem, reutilização e por fim, à sua deposição. Esta análise é, em geral, avaliada numa de três variantes, respeitantes aos limites da análise a considerar:

- *Cradle-to-Gate* - são avaliados os impactes desde o processo de extracção de matérias-primas até à porta da fábrica (após produção e antes do transporte ao consumidor), omitindo as fases seguintes, desde a utilização até à deposição.
- *Cradle-to-Grave* - Integra todo o ciclo de vida do produto, desde a extracção de matérias-primas até à deposição final.
- *Cradle-to-Cradle* - ao contrário da análise anterior que é concluída na deposição final do material, esta considera um ciclo fechado, integrando a reciclagem e reutilização.

Por outro lado, são conhecidas outras possíveis abordagens ou variantes, tais como a *Gate-to-Gate*, onde apenas um processo de todo o ciclo é avaliado, a *Cradle-to-Site*, abrangendo o início da extracção das matérias-primas até à sua aplicação em obra, ou a

Well-to-Wheel, direccionada para o transporte de combustíveis e, em regra, utilizada no sector dos transportes para a determinação de consumos totais de energia.

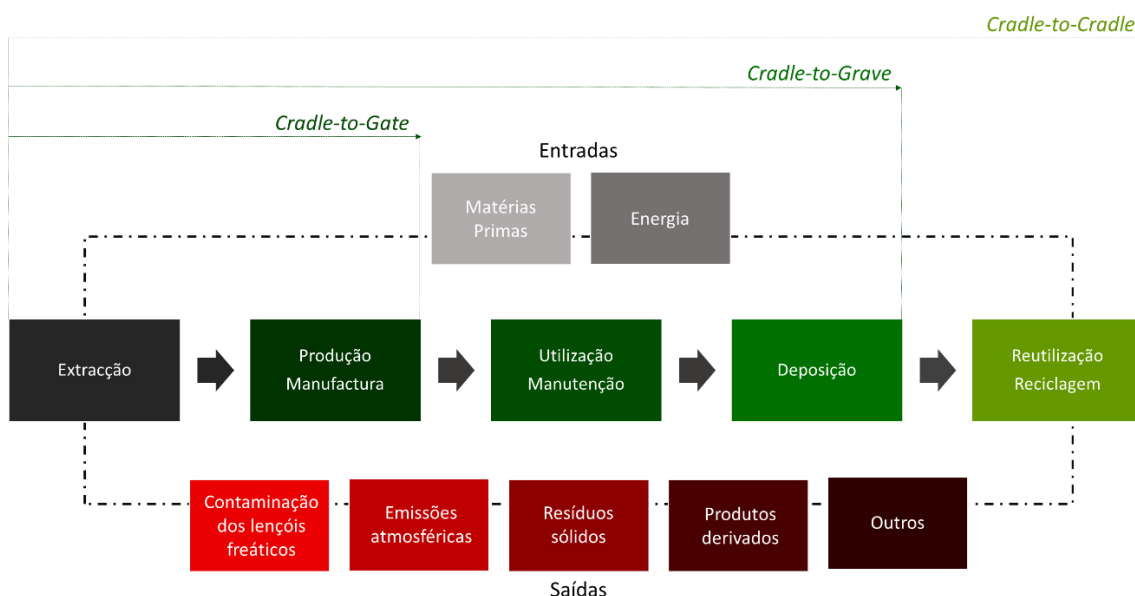


Figura 3.5 - Avaliação do ciclo de vida (ACV)
Adaptado de Curran, 2006

O modelo, apresentado na figura anterior, reforça, uma vez mais, o facto de que quer as entradas, quer as saídas, não se processam apenas na fase inicial e na fase final do ciclo de vida. Deste modo, as necessidades energéticas e consumo de matérias-primas, assim como a produção de resíduos podem ocorrer ao longo de todas as fases e correspondentes processos.

Esta metodologia, que vem ganhando, cada vez mais, preponderância na indústria da construção, está na base do desenvolvimento de várias ferramentas de avaliação de sustentabilidade, nomeadamente, as norte-americanas *Building for Environmental and Economic Sustainability* (BEES) e *Tools for Environmental Analysis and Management* (TEAM), a holandesa SimaPro, a germânica *Ganzheitlich Bilanzierung* – Equilíbrio Holístico (Gabi) e a Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas (MARS-SC), desenvolvida por Luís Bragança e Ricardo Mateus.

Os indicadores de caracterização ambiental geralmente associados à ACV são os seguintes (Bragança & Mateus (2011), apud Pereira, 2015):

- Potencial de aquecimento global (*GWP – Global Warming Potential*) – expressa o potencial de aquecimento global, em quilogramas equivalente de CO₂ por quilograma de emissão de GEE libertados para a atmosfera.
- Potencial de diminuição das reservas de recursos não renováveis (ADP) – relaciona a quantidade de material e combustível fóssil extraído com as reservas disponíveis e taxa de decréscimo das mesmas. Exprime-se em quilogramas de antimónio equivalente (Sb) por quilograma de recurso extraído.
- Potencial de acidificação (AP) – a queima de combustíveis fósseis, como por exemplo o carvão, origina o dióxido de enxofre (SO₂), que ao ser emitido para a atmosfera leva ao processo de acidificação. Este indicador expressa-se em quilogramas de SO₂ por cada quilograma de emissões para a atmosfera, principalmente de amónia (NH₃), SO₂ e óxido de azoto (NOX), este bastante presente nas emissões de várias actividades industriais e no sector dos transportes.
- Potencial de destruição da camada de ozono estratosférico (ODP) – a destruição da camada de ozono estratosférico aumenta a quantidade de radiação ultravioleta (UV) que atinge a superfície terrestre. Este indicador define o potencial de destruição desta camada em quilogramas equivalentes de triclourofluormetano (CFC-11) por quilograma de emissão.
- Potencial de formação de ozono troposférico (POCP) – as concentrações elevadas de ozono (O₃) na camada troposférica, causando o efeito conhecido como “smog de Verão”, é um dos problemas atmosféricos mais graves na Europa. Este indicador expressa-se em quilogramas equivalentes de etileno (C₂H₄) por quilograma de emissão.
- Potencial de eutrofização (EP) – a eutrofização ou nitrificação, inclui os impactes relativos aos níveis excessivos de macronutrientes no ambiente, causados pelas emissões de nutrientes para o ar, água e solo, o que acontece, por exemplo, na fertilização dos mesmos. Este processo, geralmente associado às emissões de azoto (N) e fósforo (P), poderá resultar num excesso de plantas ou algas, que, por sua vez poderá conduzir à falta de oxigénio (O₂) e, em consequência, à morte de espécies. Este indicador expressa-se em quilogramas equivalentes de fosfato (PO₄) por quilograma de emissão.

Outro parâmetro, fundamental nestes modelos, é a quantificação da energia primária acumulada, directa ou indirectamente, por um produto/material ao longo do seu ciclo

de vida, entenda-se, energia incorporada (figura 3.6). Esta energia, que depende do processo de produção adoptado e varia consoante o país, é calculada em função das necessidades energéticas do processo de extracção de matérias-primas ($Q_{\text{extracção}}$), da energia utilizada nos seus processos de transformação ($Q_{\text{transformação}}$), de transporte ($Q_{\text{transporte}}$) e referentes ao processo construtivo ($Q_{\text{construtivo}}$) (Augusto, 2011). Analogamente, o mesmo se poderá afirmar relativamente à quantificação do carbono libertado ao longo do ciclo de vida do produto/material, entenda-se, carbono incorporado (Hammond & Jones, 2008).

$$Q_{\text{incorporada}} = Q_{\text{extracção}} + Q_{\text{transformação}} + Q_{\text{transporte}} + Q_{\text{construtivo}} + Q_{\text{manutenção}} + Q_{\text{demolição}}$$

Figura 3.6 - Energia incorporada por um produto/material ao longo do seu ciclo de vida

Na figura anterior observa-se a contabilização energética dos processos de manutenção ($Q_{\text{manutenção}}$) e demolição ($Q_{\text{demolição}}$), pois, segundo alguns autores, estas fases representam entre 6% a 20% do total da energia consumida durante o ciclo de vida de um edifício e, por isso, considerada a expressão necessária para este modelo de análise. De salientar, ainda, que a preferência por um material de baixa energia incorporada não tem, necessariamente, de ser a melhor opção, por exemplo, um material poderá ter valores elevados de energia incorporada, mas parte substancial da mesma ser proveniente de energias renováveis, fazendo com que a abordagem a este parâmetro tenha de ser num contexto integrado aos restantes parâmetros já mencionados e avaliado consoante todas as condicionantes e envolventes em jogo.

Neste âmbito, e dado que a energia necessária ao longo de todas as fases do ciclo de vida dos materiais depende de inúmeros factores, assim como as suas emissões de carbono, e que conduzem a dificuldades de quantificação e parametrização dos mesmos, têm sido desenvolvidos diversos inventários de materiais. O Inventário de Carbono e Energia, isto é, *Inventory of Carbon & Energy* (ICE), o qual contém cerca de 34 grupos de materiais com fichas individuais para cada material, evidenciando-se o seu nível de detalhe. Para além dos dados referentes à pegada de carbono e à energia incorporada de cada material, disponibiliza, ainda, informação referente às medições efectuadas e às fontes energéticas,

permitindo, assim, uma análise mais adequada de sustentabilidade do material. Por outro lado, observa-se, que os dados disponibilizados nesta base de dados são, na sua maioria, referentes aos limites *Cradle-to-Gate*, embora os limites especificados e considerados ideais para a maior parte destes casos de estudo tenham sido relativos à abordagem *Cradle-to-Cradle*, apontando, uma vez mais para as dificuldades de medição destes parâmetros (Hammond & Jones, 2008).

Ainda, neste âmbito surge o método *Cumulative Energy Demand* (CED), o que avalia o consumo de energia directa ou indirecta de matérias-primas ou materiais de construção, nas necessidades energéticas de um bem ou serviço em todo o seu ciclo de vida, sendo uma ferramenta, amplamente, utilizada em análises de ciclo de vida. Esta metodologia permite avaliar os seguintes impactes (Pereira, 2015):

- Energia renovável incorporada (ER) - indicador que demonstra a preocupação de utilização de fontes de energia renováveis, em detrimento de fontes não renováveis de um determinado produto. Não relaciona os impactes ambientais e expressa-se em megajoules equivalentes (MJ) e inclui a energia fóssil e nuclear consumida.
- Energia não renovável incorporada (ENR) – indicador que exprime o consumo de energia não renovável relativo às fases do ciclo de vida dos produtos, associando a contribuição dos mesmos para o esgotamento dos recursos energéticos não renováveis. Tal como o indicador de ER, expressa-se em megajoules equivalentes (MJ) e inclui a energia fóssil e nuclear consumida.

Estas abordagens relativas aos modelos de ACV, associadas à preocupação na utilização de materiais ecoeficientes, conduziram à crescente adopção das normas de certificação e da rotulagem ambiental (declarações ambientais) dos materiais e produtos por parte deste sector. Estas declarações ambientais estão agrupadas em três tipos e consoantes as normas da *Internacional Organization for Standardization* (ISO), conforme se demonstra na tabela seguinte (tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Rotulagem ambiental de materiais e produtos

	Tipo I [Rótulos ambientais]	Tipo II [Autodeclarações]	Tipo III [Declarações ambientais]
Norma ISO	14024:1999	14021:1999	14025:2006
Público-alvo	Consumidor	Consumidor	Empresas/Consumidor
Método de comunicação	Rótulo	Texto e símbolo	Ficha de dados ambientais
Informação ambiental	Qualitativa	Qualitativa	Quantitativa
Certificação obrigatória	Sim	Não	Sim
Âmbito	Todo o CV	Parte do CV	Todo o CV
Baseado na ACV	Não	Não	Sim
Crítérios ambientais	Sim	Não	Sim
Categorias de produto	Sim	Não	Sim

Adaptado e traduzido de Harmonies Online, 2012

A certificação do tipo III, denominadas *Environmental Product Declarations* (EPD), é baseada em critérios de avaliação e de indicadores ambientais, nomeadamente, emissões GWP, AP e ODP. Estes indicadores são articulados consoante o tipo de produto em análise e dependentes da abordagem escolhida para a ACV (*Cradle-to-?*). Apesar deste sistema de certificação apresentar os resultados em tabelas detalhadas, os resultados finais relativos às emissões de CO₂ e consumo de água, assim como a pegada ecológica total do produto são apresentados, graficamente, de modo a garantir uma acessível interpretação desta avaliação por parte do consumidor. De salientar, ainda, que todos os dados fornecidos pelo fabricante sobre o produto final, tais como a quantidade de água e energia utilizada, terão de ser validados em laboratórios creditados pela norma internacional.

3.3 Sistemas de avaliação de certificação de desempenho ambiental

A sensibilização e consciencialização dos impactes ambientais provocados por todos os sectores de actividades, originou o desenvolvimento de normas, regulamentos e modelos para a gestão ambiental dos produtos, serviços e processos das organizações. Neste contexto surge a ISO 14001, criada em 1992 e publicada em 1996, resultante de uma série de normas internacionais, que estabelece o modelo de gestão ambiental, isto é, *Environment Management System* (EMS). Esta norma fornece uma estrutura de melhores práticas de gestão ambiental para as organizações de modo a desenvolverem o seu negócio num modelo sustentável (ISO 14001, 2015).

Para a implementação destas acções foi necessário o desenvolvimento de modelos de EMS, baseados num processo de melhoria contínua, seguindo a metodologia *Plan, Do, Check and Act* (PDCA). Neste âmbito e como guia para o desenvolvimento e suporte destes modelos de EMS e dos modelos de *Environmental Performance Evaluation* (EPE), isto é, modelos de avaliação e gestão ambiental, surge em 1999 a *ISO 14031*, aplicável a todo o tipo de organizações, independentemente do tamanho, localização e complexidade (ISO 14031, 2013). Anos antes, em 1991, foi apresentado pela Comissão Europeia um conjunto de 10 indicadores relevantes na avaliação da construção sustentável (tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Indicadores relevantes na avaliação da construção sustentável

Indicadores principais	Satisfação dos utilizadores
	Impactes nas alterações climáticas
	Mobilidade e transportes públicos
	Acesso às áreas de serviços e espaços verdes
	Qualidade do ar
Indicadores secundários	Distância aos espaços de ensino
	Sistemas de coordenação do Desenvolvimento Sustentável
	Ruído
	Uso sustentável do solo
	Produtos que respeitem o Desenvolvimento Sustentável

Os indicadores podem ser entendidos como uma ferramenta que facilita as tomadas de decisão, traduzindo os dados recolhidos em unidades gerenciáveis de informação

(Castanheira, 2013). Para tal, na sua adopção e criação, devem ser consideradas as seguintes características:

- Serem não só relevantes para o critério a aplicar, mas, também, para a autoridade local e para a população em geral.
- Apresentarem razoável interligação com a sustentabilidade.
- Reflectirem a realidade local.
- Serem baseados numa recolha fácil de informação.
- Demonstrarem tendências de acordo com o planeamento temporal.
- Não possuírem apenas conteúdo individual mas também colectivo, permitindo a sua relação com outros conjuntos de indicadores.
- Serem claros e de fácil compreensão, formativos e informativos.
- Serem mensuráveis, válidos e credíveis.
- Incentivarem à mudança de atitudes, serviços e à qualidade de vida.

Estas características permitem uma clara definição, optimização e aplicação dos indicadores para o contexto local, pois estes ao serem utilizados para medir a sustentabilidade de uma zona urbana podem não ser úteis para a avaliação de outro local. Devido à sua capacidade de síntese e auxílio aos processos decisivos, os indicadores de sustentabilidade urbana têm sido amplamente utilizados, tornando-se instrumentos fundamentais para a análise e desenho de políticas e estratégias do desenvolvimento urbano sustentável.

Do desenvolvimento dos modelos de EPE, surgiram as ferramentas de avaliação e certificação ambiental, que servem de suporte à programação do edifício desde a fase de projecto, acompanhando os diversos intervenientes na definição do desempenho pretendido para o mesmo, através da definição das propriedades desejadas no final do projecto, hierarquizando os desempenhos pretendidos, e promovendo uma construção mais sustentável e integrada entre os parâmetros sociais, funcionais, económicos e ambientais (tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Sistemas de avaliação e certificação de desempenho

Reino Unido	França	EUA	Portugal	Japão
BREEAM 1992	HQE 1996	LEED 1998	LiderA 2000	CASBEE 2001
Austrália	Canadá	China	Itália	Singapura
Green Star 2002	CaGBC 2002	GOBAS 2003	Protocollo ITACA 2004	Green Mark 2005
Índia	Finlândia	África do Sul	Internacional	Alemanha
GRIHA 2005	PromisE 2006	Green Star SA 2007	SB Tool 2006	DGNB 2009

Adaptado de partir de Hamedani & Huber, 2012; Amado et al., 2015

Estes sistemas de certificação são geralmente definidos por quatro aspectos fundamentais (Hamedani & Huber, 2012):

- Parâmetros - definem as especificações e detalhes dos objectivos determinados.
- Indicadores - descrição quantitativa e mesurável dos parâmetros. Cada parâmetro pode ser avaliado por vários indicadores-
- Sistema de classificação - especifica os limites da classificação a atribuir e também o método de avaliação (quantitativamente e qualitativamente) para as medições dos indicadores, assim como os requisitos mínimos dos parâmetros. A exibição do resultado final da avaliação deve ser simples e específica.
- Processo de certificação - define as medidas e as fases necessárias para a atribuição do certificado.

Um dos objectivos iniciais destas ferramentas foi o desenvolvimento de uma metodologia consensual, prática, transparente, suficientemente flexível, de modo a que seja de fácil implementação em diferentes tipos de edifícios e que acompanhe a constante evolução tecnológica deste sector. Contudo, mais recentemente, dada a importância das cidades nas alterações climáticas e demográficas, e, ainda, as crises económicas, o nível de escala da sua actuação tem aumentado, tendo sido desenvolvidas ferramentas específicas ou diferentes módulos ou versões dos existentes, para a avaliação ao nível de comunidades, tais como o sistema de certificação da sustentabilidade de comunidades planeadas para a zona sudeste dos Estados Unidos da América (EUA), denominado *EarthCraft*

Communities, ou o sistema voluntário australiano *Green Star Communities* (Dias, 2012; Hamedani & Huber, 2012). A abordagem a esta escala é bastante interessante, pois as comunidades/bairros são a mais pequena escala urbana, entre o edifício e a cidade, que contém todos os aspectos e parâmetros do desenvolvimento urbano sustentável. Deste modo, pode-se afirmar que os resultados desta avaliação são significantes para todos os grupos e pessoas de uma área urbana, as partes interessadas da comunidade (Hamedani & Huber, 2012)

Paralelamente a este desenvolvimento a nível de escala, estes sistemas tornaram-se mais específicos, apresentando diferentes versões consoante o tipo de utilização dos edifícios (tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Versões LEED, consoante o tipo de utilização dos edifícios

Versões	Aplicação
LEED-NC (<i>New constructions and Major Renovations</i>)	Projectos de renovação e novas construções comerciais
LEED-H (<i>Home</i>)	Habitações “verdes”
LEED-EB (<i>Existing Buildings</i>)	Operações de melhoria e manutenção sustentável de edifícios existentes
LEED-CI (<i>Commercial Interiors</i>)	Para espaços comerciais interiores
LEED-S (<i>Schools</i>)	Direccionado para escolas com necessidades especiais
LEED-HC (<i>Healthcare</i>)	Espaços dedicados à saúde
LEED-R (<i>Retail</i>)	Espaços comerciais exteriores
LEED-CS (<i>Core and Shell Development</i>)	Direccionado para a construção de elementos estruturais e da envolvente dos edifícios
LEED-ND (<i>Neighborhood Development</i>)	Direccionado para o desenvolvimento urbano envolvente

Adaptado e traduzido de LEED - USGBC, 2016a

Nos subcapítulos seguintes são apresentadas breves análises a três destes sistemas, nomeadamente o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), por ter sido o pioneiro e pela sua abordagem na gestão de recursos, o *Leadership In Energy & Environmental Design* (LEED), pela sua componente de parâmetros energéticos e, finalmente, o Liderar Pelo Ambiente Para A Construção

Sustentável (LiderA), pela sua abrangência e adaptabilidade a diferentes contextos e pelo conjunto de indicadores que constituem os seus parâmetros ambientais.

3.3.1 BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

Desenvolvido por *Building Research Establishment Ltd* (BRE), em 1990 no Reino Unido, é uma das referências mundiais para a descrição do desempenho ambiental dos edifícios, tendo já emitido certificados em 77 países e estabelecendo-se como o sistema de certificação voluntária adoptado por vários países, como o caso da Holanda (BREEAM-H). Actualmente estão disponíveis cinco conjuntos de padrões técnicos deste sistema, correspondendo a cinco versões distintas, permitindo assim a sua aplicação a vários tipos de construção (BREEAM, 2016a):

- BREEAM *Communities* - vocacionado para o planeamento e desenvolvimento urbano de novas comunidades ou projectos de regeneração.
- BREEAM *New Construction – Infrastructure* - tem como objectivo minimizar os impactos no ambiente provocado pelo ciclo de vida das infraestruturas e ampliar os seus efeitos positivos na sociedade e na economia.
- BREEAM *New Construction – Buildings* - orientado para novos edifícios, públicos ou privados, residenciais ou comerciais, avaliando a sustentabilidade numa metodologia adaptável ao tipo e localização do edifício;
- BREEAM *In Use – Buildings* - desenvolvido para todo o tipo de edifícios comerciais existentes, tendo como objectivo direccionar melhoramentos sustentáveis, através da eficiência e gestão efectiva operacional;
- BREEAM *International Refurbishment and Fit-Out* - avalia a sustentabilidade em obras de renovação ou adaptação a novos usos de edifícios não residenciais, desde edifícios públicos a comerciais, e ajuda a mitigar possíveis impactos causados por estes processos.

De um modo geral, o BREEAM é caracterizado por uma abordagem composta por quatro fases (avaliação inicial; dimensionamento, inventário e aprovisionamento de materiais; gestão e operação; controlo de qualidade), por uma metodologia de avaliação distribuída em 10 categorias, desde a energia até à ecologia, em que a sua ponderação é adaptável à

envolvente e contexto do processo, baseada em critérios rigorosos e que definem padrões para melhores práticas em construção sustentável (tabela 3.6).

Tabela 3.6 - Categorias de Avaliação do BREEAM para a construção nova

Categoria	Parâmetros de avaliação	Nº de Parâmetros	Ponderações
Gestão	Aspectos globais de política e procedimentos ambientais	5	12%
Saúde e bem-estar	Ambiente interno e externo do edifício	6	15%
Energia	Energia operacional e emissões de CO2	9	19%
Transporte	Localização do edifício e emissões de CO2	5	8%
Água	Consumo e vazamentos	4	6%
Materiais	Implicações ambientais da selecção dos materiais	5	12,5%
Resíduos	Eficiência dos recursos através de uma gestão eficaz e adequada dos resíduos da construção	4	7,5%
Ocupação do solo e Ecologia	Direccionamento do crescimento urbano e valor ecológico do local	5	10%
Poluição	Poluição de água	5	10%
Inovação	Introdução de inovações no âmbito da sustentabilidade	1	10%

Adaptado e traduzido de BREEAM, 2016b

A avaliação é realizada por agentes independentes, formados e referenciados pelo BRE, onde são atribuídos créditos a cada categoria conforme o seu desempenho, tendo parâmetros de carácter obrigatório e outros meramente classificativos, e a soma destes créditos, de acordo com a respectiva ponderação, corresponderá à pontuação final. Após este cálculo é então emitido um certificado pelo BRE, em que a classificação final encontra-se estruturada de acordo com a tabela 3.7 (Dias, 2012).

Tabela 3.7 - Avaliação BREEAM

Resultado (%)	Classificação BREEAM	Expressão
≥85	<i>Outstanding</i>	★★★★★★
≥70	<i>Excellent</i>	★★★★★
≥55	<i>Very Good</i>	★★★★
≥45	<i>Good</i>	★★★
≥30	<i>Pass</i>	★★
<30	<i>Unclassified</i>	—

Adaptado e traduzido de BREEAM, 2016c

3.3.2 LEED – *Leadership in Energy & Environmental Design*

Influenciado pela estrutura e conceitos do sistema BREEAM surgiu, em 1994, o LEED, sob a tutela do *United States Green Building Council* (USGBC). Este sistema de avaliação ambiental, considerado um dos mais completos ao nível de áreas de avaliação, está estruturado em nove categorias (LEED-USGBC, 2016a):

- Processo Integrativo – promover os projectos de modo a se obterem resultados de alta performance ao custo mais efectivo, através de uma análise preliminar das relações entre sistemas.
- Localização e transporte – promover o desenvolvimento compacto e a conexão com a comunidade e encorajar a utilização de transporte alternativo.
- Localização sustentável – promover a redução dos impactes negativos na água e na qualidade do ar e controlar a erosão.
- Eficiência da água – desenvolvimento de sistemas eficientes de irrigação e reutilização e sensibilização da população de modo a promover a redução do consumo de água.
- Energia e atmosfera – implantação de soluções passivas e instalação de sistemas que utilizem energia renovável conduzindo à redução do consumo energético.
- Materiais e recursos – promover o uso de materiais locais, recicláveis e reutilizáveis e gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD) e dos resíduos urbanos.
- Qualidade ambiental interna – estabelecer um desempenho mínimo de qualidade do ar no interior dos edifícios em prol da saúde e bem-estar dos utilizadores,
- Inovação e processo de *design* – integração na fase de projecto de equipas de design verde que elevem o desempenho inovador da construção verde.
- Prioridade regional – incentivo à realização de critérios que abordem prioridades ambientais geograficamente específicas.

Ao contrário do que acontece no sistema BREEAM, em que a classificação é realizada através de uma ponderação final, o LEED funciona através de um sistema de créditos. Cada parâmetro é definido como crédito ou como pré-requisito, aos créditos estão associados pontos, cada crédito vale no mínimo um ponto e estes são números inteiros e positivos (tabela 3.8). Aos pré-requisitos, dado o seu carácter de atendimento obrigatório não está associada qualquer pontuação. Todos os sistemas de classificação LEED têm

100 pontos de base, e certos parâmetros adicionais oferecem oportunidades de crédito de até 10 pontos de bônus.

Tabela 3.8 - Avaliação LEED para a construção nova ou reabilitações na vertente da Localização Sustentável

Localização Sustentável		10 Pontos
Pré-requisito 1	Prevenção da poluição na actividade da construção	Requisito
Crédito 1	Seleccção do Terreno	1
Crédito 2	Desenvolvimento do espaço – Protecção e restauração do Habitat	2
Crédito 3	Maximizar espaços abertos	1
Crédito 4	Gestão das águas pluviais	3
Crédito 5	Redução da ilha de calor	2
Crédito 6	Redução da poluição luminosa	1

Adaptado e traduzido de LEED-USGBC, 2016b

Para que um projecto obtenha a certificação LEED deverá satisfazer todos os pré-requisitos e garantir um número mínimo de pontos, sendo então classificados de acordo com a pontuação obtida, correspondendo a um determinado nível de certificação, conforme representado na tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Níveis de certificação do LEED

Resultado (Pontos)	Certificação LEED
+80	<i>Platinum</i>
60-79	<i>Gold</i>
50-59	<i>Silver</i>
40-49	<i>Certified</i>

Adaptado de LEED-USGBC, 2016a

De salientar, ainda, o período de validade de cinco anos desta certificação, e, após este prazo, é realizada nova avaliação pelo USGBC.

3.3.3 LiderA – Liderar pelo Ambiente para a Construção Sustentável

O sistema voluntário português de certificação ambiental LiderA, surgiu em 2000, no seguimento de vários trabalhos de apoio técnico à construção sustentável realizados pelo Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura e Georrecursos do Instituto Superior Técnico numa investigação liderada pelo Eng.º Manuel Duarte Pinheiro. Em 2005 é disponibilizada a primeira versão desta ferramenta, vocacionada para o edificado e respectivo espaço envolvente, e dois anos depois, em 2007, o sistema expande a sua escala operacional, podendo ser aplicado, também, ao ambiente construído, espaços exteriores, quarteirões, bairros e comunidades sustentáveis (Amado et al., 2015).

Este sistema, adaptado à conjuntura social, económica e ambiental nacional, tem como objectivo avaliar o desempenho ambiental sustentável de uma construção ou área urbana, desde a sua fase de projecto e construção, até à operação, apoiando-se no seguinte conjunto de princípios (Rodrigues, 2014):

- Promover a utilização sustentável dos espaços construídos através da gestão ambiental e da inovação.
- Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis.
- Assegurar a qualidade ambiental interior, promovendo o conforto, integrando a qualidade do ar interior, conforto térmico, a acústica e a iluminação.
- Reduzir o impacto das cargas quer em valor, quer em toxicidade, atenuando os impactos dos efluentes, emissões, resíduos e ruído.
- Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração relativa ao uso do solo, identificando e potenciando as suas características de modo a valorizá-lo ecologicamente.

A sua metodologia assenta em seis vertentes de bom desempenho ambiental, que se encontram subdivididas em 22 áreas e, estas, em 43 critérios. A classificação final é obtida através da ponderação destas 22 áreas de avaliação de sustentabilidade na construção, onde a energia é aquela com maior peso, isto é, 17%. Na tabela 3.10 encontra-se a ponderação destas áreas de avaliação de cada uma das seis vertentes que compõe este sistema.

Tabela 3.10 - Áreas de avaliação da sustentabilidade na construção do LiderA

Vertentes	Áreas de Avaliação da Sustentabilidade	N.º de Parâmetros	Ponderação %	
			Área	Total
Integração Local	Solo	2	7	14
	Ecossistemas naturais	2	5	
	Paisagem e património	2	2	
Recursos	Energia	3	17	32
	Água	2	8	
	Materiais	3	5	
	Produção alimentar	1	2	
Cargas Ambientais	Efluentes	2	3	12
	Emissões atmosféricas	1	2	
	Resíduos	3	3	
	Ruído exterior	1	3	
	Poluição ilumino-térmica	1	1	
Conforto Ambiental	Qualidade do ar	1	5	15
	Conforto térmico	1	5	
	Iluminação e acústica	2	5	
Vivência Socio-Económica	Acesso para todos	3	5	19
	Diversidade económica	3	4	
	Amenidades e interação social	2	4	
	Participação e controlo	4	4	
	Custos no ciclo de vida	1	2	
Uso Sustentável	Gestão ambiental	2	6	8
	Inovação	1	2	

Adaptado de Pinheiro, 2011

Após a aplicação da ponderação a cada critério é obtida a classificação final e emitido um certificado relativo ao nível de desempenho, que tem duas referências, o nível de partida, que corresponde à prática construtiva usual (Classe E) e o melhor desempenho, correspondendo à melhor prática construtiva viável à data (tabela 3.11). Estas classes podem variar de A++ (alta *performance*) a G (baixa *performance*).

Tabela 3.11 - Classificação de desempenho LiderA

Factor	Melhoria relativa à classe E (%)	Classe
10,00	]75-90]	A++
4,00	]50-75]	A+
2,00	]37,5-50]	A
1,60	]25-37,5]	B
1,33	]12,5-25]	C
1,14	]0-12,5]	D
1,00	0	E
0,89	(-)]0-12,5]	F
0,80	(-)]12,5-25]	G

Adaptado de Lobato, 2014

3.3.4 Análise comparativa aos sistemas abordados

Em termos de estruturação ao nível das vertentes ou categorias, o BREEAM é o sistema que apresenta maior robustez. As suas áreas de avaliação estão distribuídas por 10 categorias, o LEED em sete categorias e o LiderA estruturado em seis vertentes, todos eles sujeitos a diferentes ponderações (figura 3.7). Este facto leva a que alguns parâmetros idênticos se encontrem dispostos em diferentes categorias, não significando, contudo, que o contexto da sua área de avaliação não seja necessariamente o mesmo, sendo, na maioria dos casos, apenas uma questão de estruturação. Por exemplo, o BREEAM apresenta a energia num primeiro nível, designando-a como categoria, enquanto que no LiderA, esta encontra-se num segundo nível de estruturação, pertencente à vertente dos recursos. Por outro lado, observam-se estas diferenças estruturais relativamente à gestão da água, onde os seus parâmetros são avaliados pelo LEED numa única categoria e, no LiderA, parâmetros semelhantes são distribuídos por duas categorias. Deste modo, é necessário uma abordagem cuidada na análise quantitativa e dos pesos correspondentes que cada sistema atribui a determinada área de avaliação, pois estas podem não só encontrar-se a diferentes níveis de estruturação, mas, também, os seus parâmetros pertencerem a áreas diferentes.

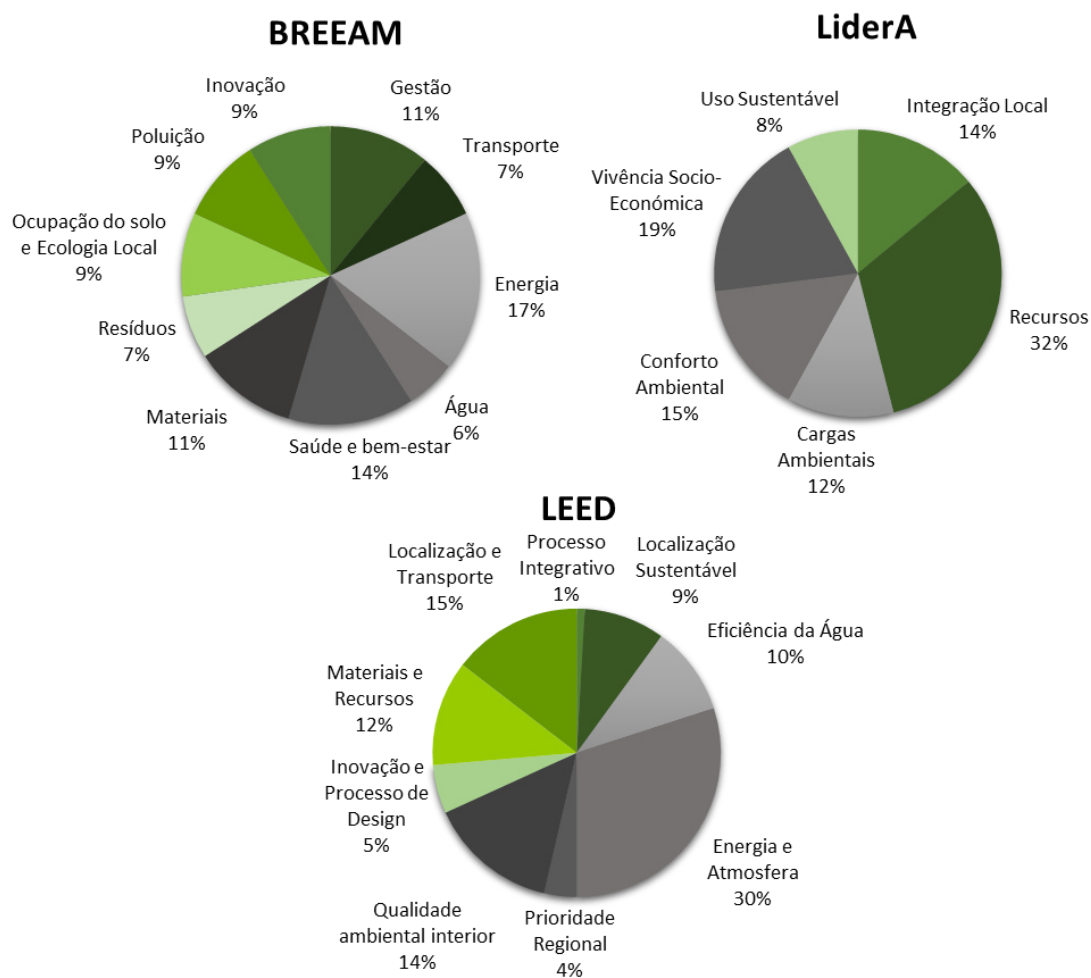


Figura 3.7 - Ponderações por parâmetros de avaliação dos sistemas
Adaptado de BREEAM, 2016b; LEED, 2016c; Pinheiro, 2011

Em relação aos parâmetros analisados por estes sistemas, destaca-se a relevância atribuída pelo LiderA às dimensões social e institucional, a apetência do LEED pela avaliação dos recursos, sobretudo a nível energético, e gestão ambiental, e, também, ao facto de ser o único destes sistemas a envolver o planeamento. No BREEAM o ambiente interno é a área que dispõe de mais parâmetros de avaliação (seis) enquanto que no LiderA é na vertente dos recursos que isso acontece, com sete parâmetros sujeitos a análise (figura 3.8). De realçar, ainda, o incentivo à inovação presente em todos estes sistemas, que quer no caso do LEED, quer no caso do BREEAM é um parâmetro que permite a obtenção de créditos extra.

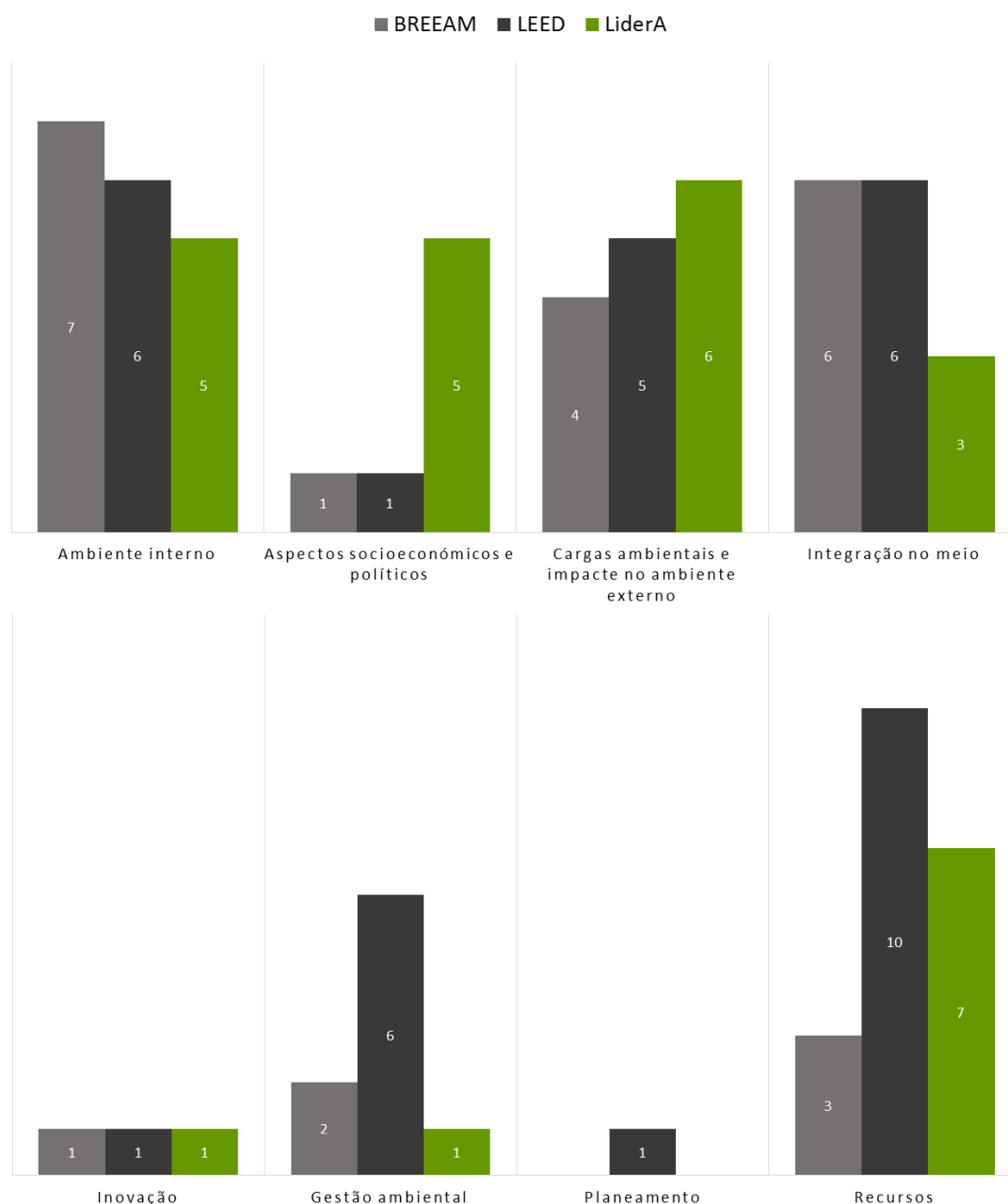


Figura 3.8 - Alguns parâmetros de avaliação dos sistemas
Adaptado de BREEAM, 2016b; LEED, 2016c; Pinheiro, 2011

A classificação final atribuída por estes sistemas tem por consequência diferentes níveis de certificação (figura 3.9). Conforme se pode observar pela figura anterior, o LEED e o BREEAM são bastante semelhantes em termos classificativos, o primeiro é o sistema mais restrito a nível de certificação, só a partir de uma classificação superior a 40% é que um projecto é passível de certificação, enquanto o segundo é mais exigente na obtenção do nível mais elevado (Hamedani & Huber, 2012). O LiderA, dado que tem por base na sua avaliação uma referência de partida, permite classificações negativas de desempenho

e, ao contrário dos anteriores, emite a certificação independentemente da classificação obtida.

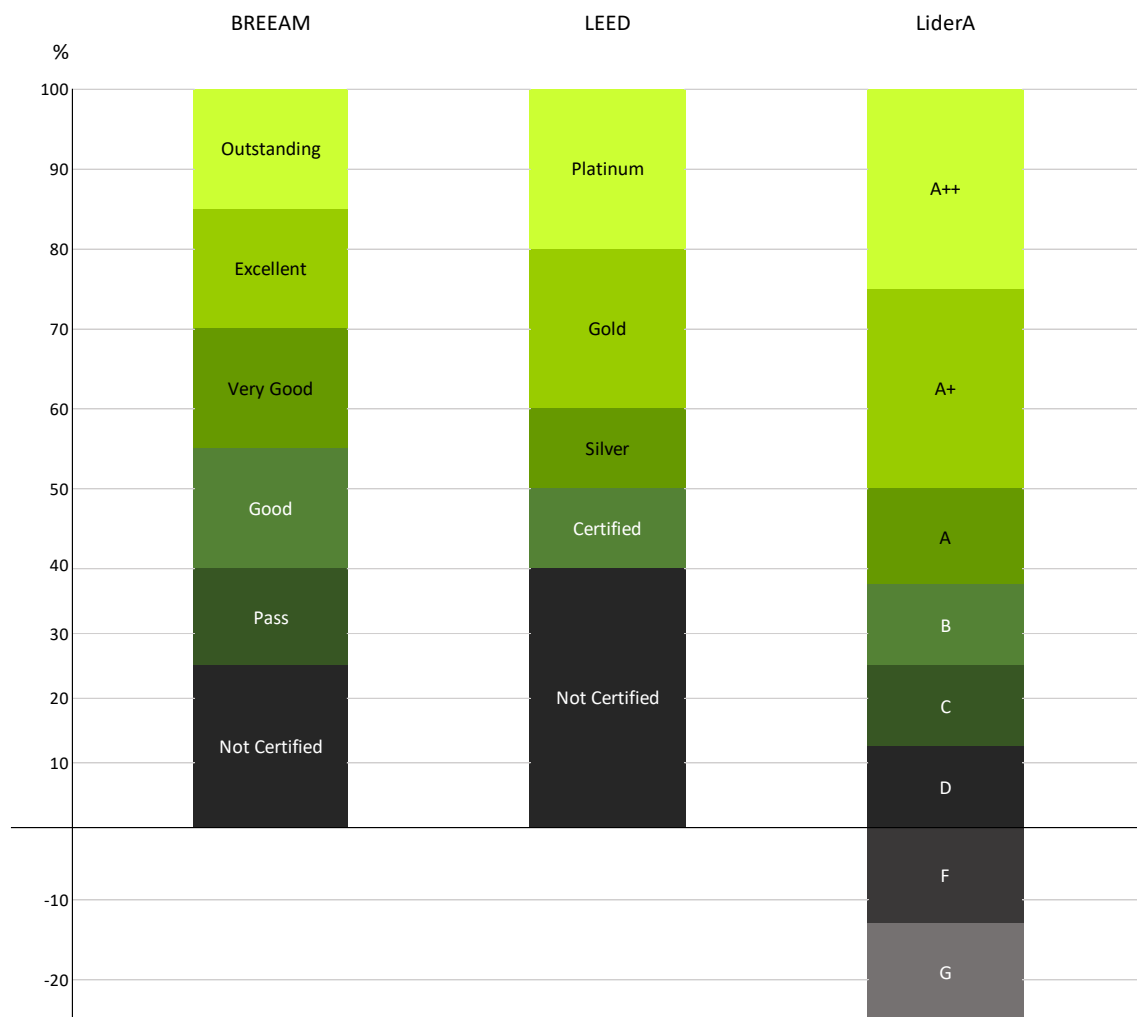


Figura 3.9 - Níveis de certificação dos sistemas
Adaptado de Hamedí & Huber 2012; Lobato, 2014

Concluindo, os sistemas incidem nas três dimensões da sustentabilidade, em aspectos relacionados com os impactos da construção na envolvente exterior, com a eficiência energética, com o conforto e bem-estar dos utilizadores, com a protecção ambiental, atribuindo uma maior relevância na sua avaliação à componente ambiental, o que se reflecte num maior número de parâmetros e indicadores em relação às restantes componentes.

4. A Reabilitação Urbana

4.1 Definição e evolução do conceito

O termo “regeneração” urbana surgiu, inicialmente, em 1929 nos EUA, ligado a uma política de substituição de habitações precárias. Na Europa, e até ao início da década de 60 do século XX, apesar do conceito se ter tornado corrente após a II Guerra Mundial, devido à necessidade de reconstrução de grande parte das cidades europeias, destruídas por este conflito, a Reabilitação Urbana estava apenas associada à intervenção nos edifícios históricos e de valor patrimonial elevado (Castanheira, 2013).

A escala inumana atingida pelo holocausto e seguida pelas bombas de Nagasáqui e Hiroshima trouxeram novas formas de estar e pensar que, aliada à necessidade de realojamento conduziu à transformação dos conceitos de habitar. Assim, observou-se uma profunda ruptura em relação às convicções anteriores, o espaço propenso à repetição e à divisão racional por meio de índices e densidades, que considerava apenas as necessidades fisiológicas da população, é substituído por um novo espaço, que se relaciona com a experiência do sujeito que está no mundo, afirmativo da identidade e existência do indivíduo (Pinho, 2009).

Contudo, só nas décadas de 60 e 70 do século passado, é que este conceito fica, indissociavelmente, ligado à problemática da cidade histórica e do seu tecido degradado. Esta necessidade, por um novo tipo de intervenção, para dar resposta à degradação física dos tecidos antigos, originou um alargamento do conceito da Reabilitação Urbana, associando-se a edifícios mais modestos e a novas problemáticas de natureza social e funcional.

Em Portugal, a Reabilitação Urbana despontou nos anos 60 do século passado, tendo acompanhado as diversas evoluções quanto às suas metodologias, abordagens e âmbitos de actuação, sendo actualmente uma ferramenta indispensável no campo de acção político das cidades e da habitação (Romão, 2015).

As tendências e desenvolvimento urbano registados nestas décadas, sobretudo com o crescimento das actividades terciárias nas áreas urbanas centrais, conduziram às primeiras formas de reinvestimento urbano (figura 4.1).

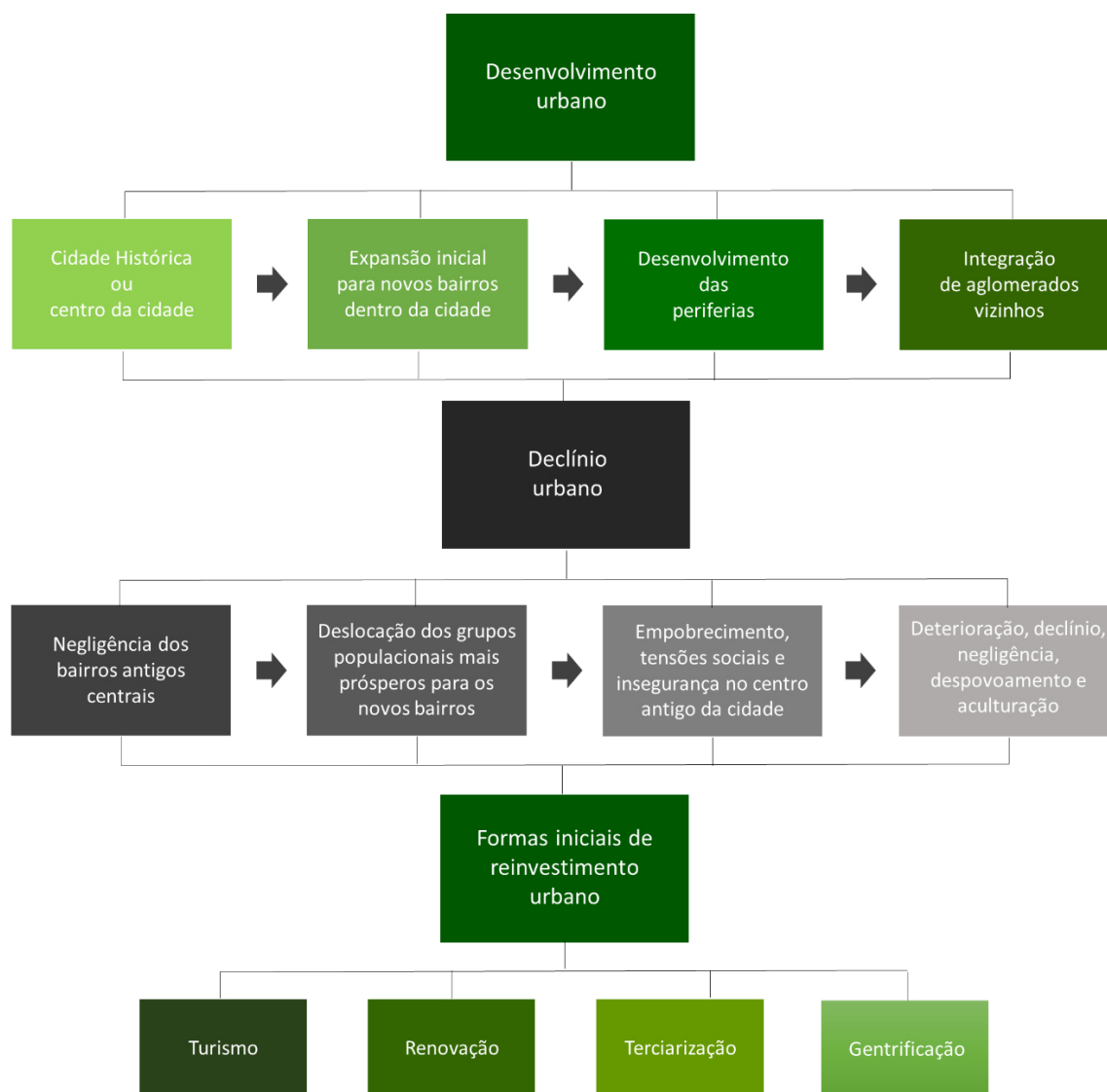


Figura 4.1 - Processo e desenvolvimento das primeiras formas de reinvestimento urbano
Adaptado de Pinho, 2009

O incremento dos desafios de natureza social, ambiental, económica e cultural, precursores de uma evolução nos objectivos, abordagens e metodologias da Reabilitação Urbana, que vão muito para além de uma intervenção meramente física, conduziram a que este conceito seja, com frequência, utilizado de forma equívoca, tornando-se deste modo crucial a sua definição.

Antes de mais, é necessário ter presente que qualquer intervenção de Reabilitação Urbana terá de identificar quais as causas ou processos que levaram à degradação da estrutura e, ainda, quais os objectivos da intervenção e como se pretendem alcançá-los. Estas questões são o fundamento para uma definição inicial deste conceito – visão abrangente e uma acção integrada, sobre uma determinada área que foi sujeita a mudança, que leva à

resolução dos seus problemas e que procura uma melhoria duradoura das suas condições económicas, sociais, físicas e ambientais (Roberts & Sykes, 2000).

A Reabilitação Urbana libertou-se do estigma de intervenção meramente física e é, actualmente, um processo de regeneração do tecido urbano, actuando para além dos objectivos e aspirações da renovação urbana, que se desenvolve, sobretudo, numa missão geral ou processo de mudança estrutural física do desenvolvimento urbano do que propriamente num objectivo bem definido, e por último, da revitalização urbana, que sugere uma necessidade de acção mas que falha em especificar um método preciso de abordagem. A regeneração urbana, apesar de ser um termo elástico, pode ser simplesmente entendido como um investimento num local após um período de desinvestimento (Porter & Shaw, 2013). A Regeneração Urbana é uma visão compreensiva e integrada de acções que levam à resolução dos problemas urbanos (Roberts (2000) apud Colantonio and Dixon, 2011). Porém, a regeneração do tecido urbano só acontece se coexistir em dimensões sustentáveis.

Deste modo, a Reabilitação Urbana é um processo que tende para a regeneração do espaço urbano em todas as suas dimensões e que entra em ruptura com a renovação, apresentando um misto de revitalizações, reabilitação, salvaguarda e reutilização, e um mecanismo essencial para a concretização do Desenvolvimento Urbano Sustentável (Flores (1998) apud Tavares, 2008).

Em suma, este conceito pode ser entendido como as acções de intervenção necessárias para garantir as condições de segurança, funcionalidade e conforto, respeitando a arquitectura, tipologia e sistema construtivo, e, segundo Dinis (2010), o objectivo de uma intervenção de reabilitação numa estrutura física do tecido urbano, como, por exemplo, um edifício, é de prolongar o seu ciclo de vida e diminuir os seus impactes, através da redução dos consumos energéticos e de materiais, dotando-o de maior adaptabilidade às suas funções e aumentando os padrões de qualidade (De Freitas, 2012). Assim, a Reabilitação Urbana surge como uma oportunidade para fomentar o Desenvolvimento Sustentável, aplicando os processos construtivos inerentes a modelos sustentáveis, para a resolução dos problemas urbanos e apresentando, neste domínio, claras vantagens sobre a construção nova.

Em relação à construção de raiz, a reabilitação tem a capacidade de promover a coesão social e territorial, revitalizando os bairros degradados ou em declínio, através da

diversificação e fixação de actividades dentro desta estrutura urbana, reduzindo o fluxo migratório da sua população para a periferia, controlando a expansão urbana. Esta nova vitalidade, fomentada pela multifuncionalidade destas áreas urbanas, melhora a habitabilidade e vivência destes espaços e conduz à preservação dos valores sociais e culturais das suas comunidades. A reabilitação apresenta, também, vantagens no contexto ambiental quer pelo controlo da expansão urbana, minimizando os impactes deste desenvolvimento no meio ambiente, quer pela adopção de processos construtivos sustentáveis, que são inerentemente menos agressivos do que os da construção nova (por exemplo, não existe fase de demolição e incentiva a utilização de técnicas vernaculares), permitindo uma redução no consumo energético, de matérias-primas e consequente diminuição na produção de resíduos (Dias, 2012).

4.2 O contexto nacional e o enquadramento legislativo

De acordo com o seu enquadramento legal (Regulamento Jurídico da Reabilitação Urbana (RJRU) DL n.º 307/2009, de 23 de Outubro), a Reabilitação Urbana é definida como “a forma de intervenção integrada sobre o tecido urbano existente, em que o património urbanístico e imobiliário é mantido, no todo ou em parte substancial, e modernizado através da realização de obras de remodelação ou beneficiação dos sistemas de infraestruturas urbanas, dos equipamentos e dos espaços urbanos ou verdes de utilização colectiva e de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação ou demolição dos edifícios”.

No RJRU (2009, p.7958), estão definidos os princípios gerais e objectivos da Reabilitação Urbana (tabelas 4.1 e 4.2).

Artigo 3.º - Objectivos

- a) Assegurar a reabilitação dos edifícios que se encontram degradados ou funcionalmente inadequados.
- b) Reabilitar tecidos urbanos degradados ou em degradação.
- c) Melhorar as condições de habitabilidade e de funcionalidade do parque imobiliário urbano e dos espaços não edificados.
- d) Garantir a protecção e promover a valorização do património cultural.
- e) Afirmar os valores patrimoniais, materiais e simbólicos como factores de identidade, diferenciação e competitividade urbana.
- f) Modernizar as infraestruturas urbanas.
- g) Promover a sustentabilidade ambiental, cultural, social e económica dos espaços urbanos.
- h) Fomentar a revitalização urbana, orientada por objectivos estratégicos de desenvolvimento urbano, em que as acções de natureza material são concebidas de forma integrada e activamente combinadas na sua execução com intervenções de natureza social e económica.
- i) Assegurar a integração funcional e a diversidade económica e sociocultural nos tecidos urbanos existentes.
- j) Requalificar os espaços verdes, os espaços urbanos e os equipamentos de utilização colectiva.
- k) Qualificar e integrar as áreas urbanas especialmente vulneráveis, promovendo a inclusão social e a coesão territorial.
- l) Assegurar a igualdade de oportunidades dos cidadãos no acesso às infraestruturas, equipamentos, serviços e funções urbanas.
- m) Desenvolver novas soluções de acesso a uma habitação condigna.
- n) Recuperar espaços urbanos funcionalmente obsoletos, promovendo o seu potencial para atrair funções urbanas inovadoras e competitivas.
- o) Promover a melhoria geral da mobilidade, nomeadamente através de uma melhor gestão da via pública e dos demais espaços de circulação.
- p) Promover a criação e a melhoria das acessibilidades para cidadãos com mobilidade condicionada.

Adaptado do DL n.º 307/2009, de 23 de Outubro

Artigo 4.º - Princípios Gerais

- a) Princípio da responsabilização dos proprietários e titulares de outros direitos, ónus e encargos sobre os edifícios, conferindo-se à sua iniciativa um papel preponderante na reabilitação do edificado e sendo-lhes, nessa medida, imputados os custos inerentes a esta actividade.
- b) Princípio da subsidiariedade da acção pública, garantindo que as acções de Reabilitação Urbana relativas a espaços privados são directamente promovidas por entidades públicas apenas na medida em que os particulares, quer isoladamente quer em cooperação com aquelas, não as assegurem ou não possam assegurá-las.
- c) Princípio da solidariedade intergeracional, assegurando a transmissão às gerações futuras de espaços urbanos correctamente ordenados e conservados.
- d) Princípio da sustentabilidade, garantindo que a intervenção assente num modelo financeiramente sustentado e equilibrado e contribuindo para valorizar as áreas urbanas e os edifícios intervencionados através de soluções inovadoras e sustentáveis do ponto de vista sociocultural e ambiental.
- e) Princípio da integração, preferindo a intervenção em áreas cuja delimitação permita uma resposta adequada e articulada às componentes morfológica, económica, social, cultural e ambiental do desenvolvimento urbano.
- f) Princípio da coordenação, promovendo a convergência, a articulação, a compatibilização e a complementaridade entre as várias acções de iniciativa pública, entre si, e entre estas e as acções de iniciativa privada.
- g) Princípio da contratualização, incentivando modelos de execução e promoção de operações de Reabilitação Urbana e de operações urbanísticas tendentes à Reabilitação Urbana baseados na concertação entre a iniciativa pública e a iniciativa privada.
- h) Princípio da protecção do existente, permitindo a realização de intervenções no edificado que, embora não cumpram o disposto em todas as disposições legais e regulamentares aplicáveis à data da intervenção, não agravam a desconformidade dos edifícios relativamente a estas disposições ou têm como resultado a melhoria das condições de segurança e salubridade da edificação ou delas resulta uma melhoria das condições de desempenho e segurança funcional, estrutural e construtiva da edificação e o sacrifício decorrente do cumprimento daquelas disposições seja desproporcionado em face da desconformidade criada ou agravada pela realização da intervenção.
- i) Princípio da justa ponderação, promovendo uma adequada ponderação de todos os interesses relevantes em face das operações de Reabilitação Urbana, designadamente os interesses dos proprietários ou de outros titulares de direitos sobre edifícios objecto de operações de reabilitação.
- j) Princípio da equidade, assegurando a justa repartição dos encargos e benefícios decorrentes da execução das operações de Reabilitação Urbana.

Em termos legislativos, a gestão do património edificado por parte da Administração Pública data de 1919, em que pelo Decreto n.º5541, de 9 de Maio de 1919, é atribuído ao Ministério do Comércio e Comunicações uma repartição respeitante a edifícios e monumentos nacionais. Mais tarde, pelo Decreto n.º16791, de 29 de Abril de 1929, é criada a Direcção-Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), centralizando a gestão referente a obras de monumentos nacionais do Estado e de edifícios.

Em 1951, pelo Decreto-Lei n.º 38 382 de 7 de Agosto, é aprovado o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU). No início da década de 70, com a criação do Fundo de Fomento à Habitação (FFH) foi reduzida a extensão das atribuições por parte da DGEMN no domínio dos edifícios públicos. A política nacional de habitação, até meados da década de 80, foi direccionada pelo governo central através do FFH para a construção de novas habitações (Norris & Shiels, 2004). Com a abolição do FFH, foi criado o Instituto Nacional de Habitação (INH), e posteriormente, pelo Decreto-Lei n.º223/2007, de 30 de Maio, reestruturado e redominado Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana (IHRU), integrando o Instituto de Gestão e Alienação do Património Habitacional do Estado (IGAPHE) e parte da DGEMN. O IHRU tem como função assegurar a política definida pelo Governo nas áreas da habitação e da Reabilitação Urbana, articulando a política de cidades com outras políticas sociais e de salvaguarda e valorização patrimonial, assegurando a memória do edificado e a sua evolução (IHRU, 2016a).

As primeiras operações de reabilitação em Portugal com apoio institucional, surgiram nos anos 70 do século passado, através de planos de reconversão para áreas urbanas degradadas, promovidos pelas Autarquias e pelo FFH, suportadas pelo Decreto-Lei n.º 8/73, de 8 de Janeiro. Em 1988, foi criado o Regime Especial de Comparticipação na Recuperação de Imóveis Arrendados (RECRIA). Em 1996, foram criados outros dois programas de incentivo à reabilitação de edifícios, o Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas (REHABITA) e o Regime de Comparticipação e Financiamento na Recuperação de Prédios Urbanos em Regime de Propriedade Horizontal (RECRIPH). Três anos mais tarde, em 1999, foi criado o Programa de Solidariedade e Apoio à Recuperação de Habitação Própria (SOLARH).

A Política de Cidades em Portugal, para o período de 2007-2013, designada POLIS XXI, reconheceu as cidades como os veículos promotores de desenvolvimento do país. Integrada nos objectivos da ENDS e do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território, teve como objectivos incentivar a participação dos cidadãos e dos diversos

actores urbanos e cooperação entre as cidades e os seus espaços envolventes, de modo a estimular novas formas de governação (Direcção Geral do Território, 2016).

- Transformar as cidades em espaços de coesão, competitividade e qualidade ambiental.
- Adicionar à dimensão intra-urbana, uma visão mais ampla que conceba o desenvolvimento das cidades, no quadro tanto das redes urbanas nacionais e internacionais em que se inserem como da região em que se integram.
- A POLIS XXI estabeleceu uma política de cidades, abrangente e inovadora, para a afirmação das cidades como espaços produtores de competitividade internacional, de riqueza e de fomentação de exercício de cidadania.

Sob a tutela do IHRU, em 2008, foi apresentado um único programa que concentrou os programas existentes, o Programa de apoio à Reabilitação (ProReabilita). Este programa permite, entre outros, certificar as obras de recuperação de imóveis, conferindo o acesso à actualização de rendas, no âmbito do Novo Regime de Arrendamento Urbano (NRAU) (Dias, 2012).

Através da publicação em 8 de Abril, do Decreto-Lei n.º 53/2014, entrou em vigor o Regime Excepcional para a Reabilitação Urbana (RERU). Este regime, que vigora pelo período de sete anos, isenta de vários requisitos as obras de reabilitação de edifícios de habitação com mais de 30 anos, desde que exista incompatibilidade de viabilidade económica e sejam garantidas as necessárias condições de salubridade e qualidade da reabilitação do edificado. Deste modo, e desde que justificados, poderão ser dispensados do cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética e qualidade térmica, da aplicação de requisitos acústicos, da obrigatoriedade de instalação de redes de gás e de algumas disposições do RGEU mediante dois princípios, a protecção da propriedade privada adjacente e a segurança de bens e pessoas.

De forma a dotar estes programas de processos económicos sustentáveis, têm sido desenvolvidos e aplicados vários instrumentos e programas de apoio financeiro às políticas de Reabilitação Urbana. O Instrumento Financeiro para a Reabilitação e Revitalização Urbanas (IFRRU 2020), destina-se ao apoio financeiro para a reabilitação e revitalização de áreas urbanas, nomeadamente à promoção de eficiência energética, não só aos edifícios de habitação, mas também de comércio e serviços e equipamentos de uso colectivo.

Com o apoio financeiro do Banco Europeu de Investimento e do Banco de Desenvolvimento do Conselho da Europa, foi criado o programa “Reabilitar para Arrendar – Habitação Acessível” com o objectivo de prestar financiamento a operações de reabilitação de edifícios com idade igual ou superior a 30 anos. Apesar do foco prioritário ser a reabilitação, poderão ser englobados, neste programa, a construção de edifícios cujo uso seja, maioritariamente, habitacional e cujas fracções se destinem a arrendamentos nos regimes de renda apoiada ou de renda condicionada, desde que se tratem de intervenções relevantes de preenchimento do tecido urbano antigo (IHRU, 2016b)

Em 2015, foi aprovada, em Conselho de Ministros a Resolução n.º48/2015, de 15 de Julho, referente à Estratégia Nacional para a Habitação (ENH) para o período de 2015-2031. Este documento salienta a necessidade de alargar o acesso a uma habitação e de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, impondo medidas transversais a longo prazo e articuladas com soluções urbanas sustentáveis. Esta estratégia vem realçar a preponderância da Reabilitação Urbana na promoção do bem-estar da população e da sustentabilidade das áreas urbanas, sendo considerado um dos três pilares para a concretização dos seus objectivos (tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Pilares da Estratégia Nacional de Habitação

Pilares	Desafios
Reabilitação Urbana	Incentivar a conservação duradoura e regular do edificado
	Reduzir custos e simplificar o licenciamento na reabilitação de edifícios
	Atrair investimento para a reabilitação do parque habitacional
Arrendamento Habitacional	Dinamizar o mercado de arrendamento
	Integrar e valorizar os bairros e a habitação social
Qualificação dos Alojamentos	Contribuir para a inclusão social e protecção dos mais desfavorecidos
	Corresponder às novas realidades sociais e demográficas
	Promover a melhoria das condições de alojamento

Adaptado de IHRU, 2015

Apresenta-se na tabela 4.4 as medidas e as iniciativas por desafio da ENH relativamente à Reabilitação Urbana.

Tabela 4.4 - Medidas e iniciativas para a Reabilitação Urbana no contexto da ENH

Desafios	Medidas
Incentivar a conservação duradoura e regular do edifício	Criar um novo sistema de fundos de reserva dos edifícios que garanta a sua conservação futura
	Alterar o regime de constituição da propriedade horizontal e garantir a correcta gestão de condomínios
	Melhorar os instrumentos dos municípios para promover a reabilitação de edifícios degradados ou em ruína e a utilização de edifícios devolutos, em áreas urbanas consolidadas
	Promover a reabilitação do espaço público, visando a segurança e a melhoria das acessibilidades
	Disponibilizar ferramentas que apoiem a avaliação do estado de conservação de edifícios
Reduzir custos e simplificar o licenciamento na reabilitação de edifícios	Codificar o regime jurídico da construção, simplificar normativos e criar manuais de boas práticas
	Aplicar o regime excepcional de Reabilitação Urbana e disseminar o guia de boas práticas
	Potenciar os incentivos fiscais à reabilitação de edifícios antigos
	Prosseguir a reformar do cadastro predial, visando a criação do bilhete de identidade único para cada prédio
Atrair investimento para a reabilitação do parque habitacional	Criar um instrumento financeiro destinado a incentivar a reabilitação integral de edifícios para habitação
	Aumentar as áreas urbanas abrangidas por Áreas de Reabilitação Urbana (ARU) e Operações de Reabilitação Urbana (ORU)
	Desenvolver novas medidas para a regeneração de áreas urbanas carenciadas

Adaptado de IHRU, 2015

Este conjunto de medidas evidencia o reconhecimento do ainda longo caminho, que tem de ser percorrido para que a reabilitação assuma e concretize este papel central na regeneração das áreas urbanas. Apesar da crise económica, que abalou fortemente o sector da construção, reduzindo, substancialmente, a sua dinâmica, em Portugal, e apesar de um progressivo esforço, a nível institucional, para promover a reabilitação, que se constata no aumento de medidas e programas de apoio, sobretudo incentivos financeiros e enquadramentos legais mais favoráveis, a construção nova ainda predomina e prevalece sobre a anterior (figura 4.2).

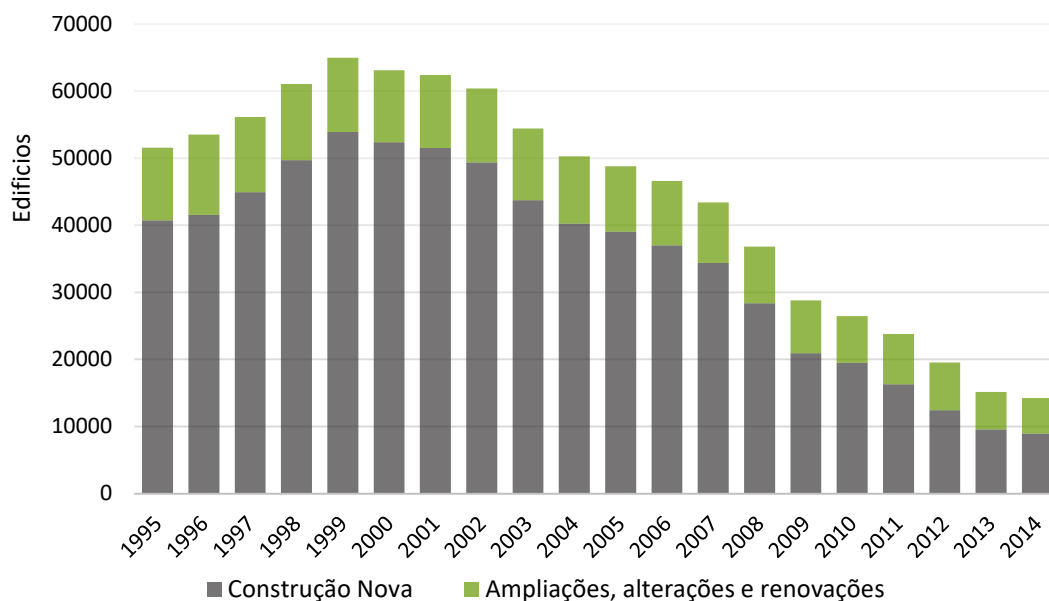


Figura 4.2 - Número de edifícios licenciados em Portugal, segundo o tipo de obra
Adaptado de INE, 2015a

Pela figura 4.3 pode-se constatar as consequências da crise económica internacional neste sector a nível nacional, apresentando uma queda acentuada no volume de construção, registada na última década. Para uma melhor percepção do desenvolvimento da reabilitação, relativamente à construção nova, através dos mesmos dados, utilizados para a elaboração da figura anterior, mostra-se a distribuição percentual anual desta relação (figura 4.3).

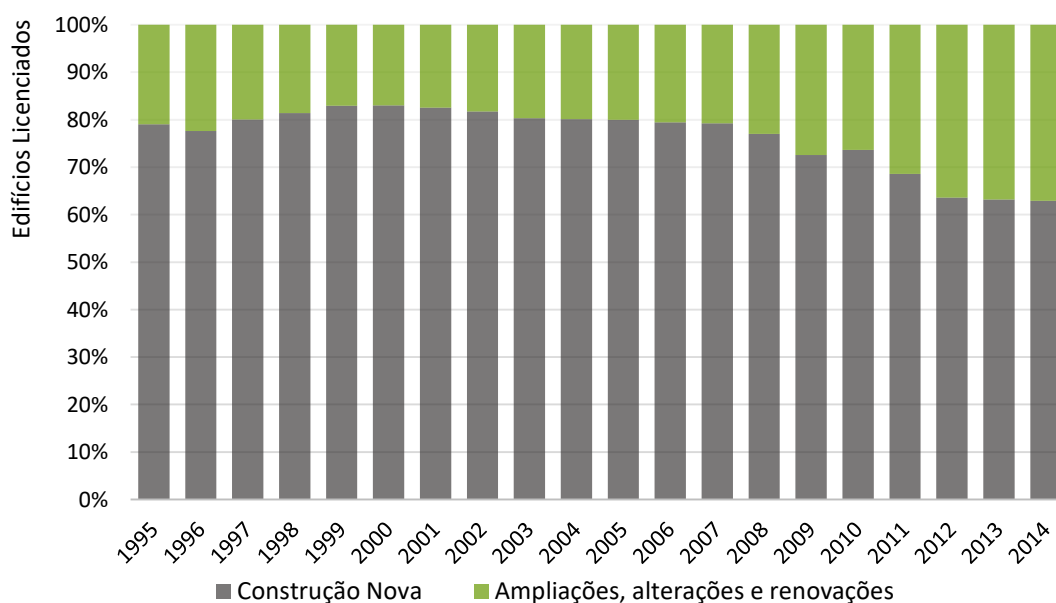


Figura 4.3 - Distribuição percentual anual do licenciamento dos edifícios, segundo o tipo de obra
Adaptado de INE, 2015a

Observa-se que, apesar da construção nova constituir mais de 60% dos licenciamentos dos edifícios, existe um crescimento da reabilitação do parque edificado no território nacional. Este facto pode ser associado à crise económica internacional, pois, como referido anteriormente, afectou todo o sector da construção, mas com maiores repercussões na construção nova, e também ao efeito dos programas e incentivos das políticas de habitação nacional, direccionados para a Reabilitação Urbana.

4.3 O parque edificado nacional

De acordo com um relatório publicado em 2011, pelo *Building Performance Institute Europe* (BPIE), é estimado que a totalidade da área útil do parque edificado dos países da UE corresponda a 25 biliões de m² e que a sua área bruta ocupe uma área equivalente à totalidade do território belga (30.528 km²), sendo que 75% destes edifícios são habitacionais. Ainda, de acordo com o BPIE, 50% deste parque edificado encontra-se distribuído pelos países setentrionais e ocidentais, 36% nas regiões europeias do sul e o restante (14%) localiza-se na Europa de Leste e Central. Relativamente à distribuição etária, pelas regiões consideradas, uma parte substancial deste edificado, sobretudo nos países do norte da Europa, tem mais de 50 anos, sendo na sua maioria edifícios centenários, que, ainda hoje, se encontram em funções. Nas regiões europeias do Sul, Centro e Leste, o parque edificado é composto maioritariamente por edifícios construídos entre 1961 e 1990. A distribuição da área total do parque edificado europeu em relação à sua utilização está representada na figura 4.4 (BPIE, 2015).

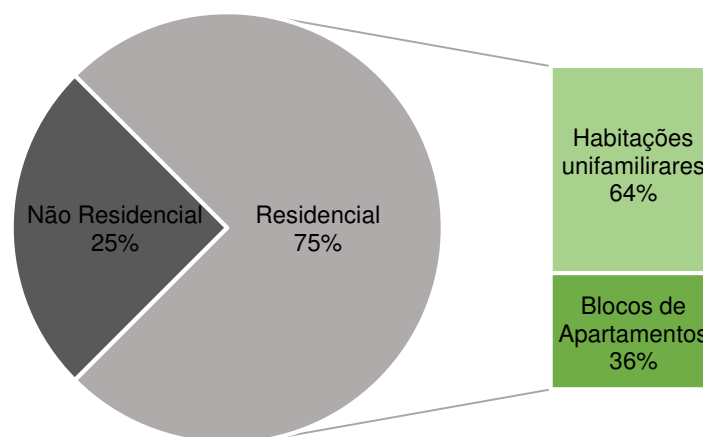


Figura 4.4 - Distribuição da área total do parque edificado europeu por funcionalidade
Adaptado de BPIE, 2015

O parque habitacional nacional, ao contrário da vasta maioria das restantes nações europeias, é relativamente recente, tendo apresentado um forte crescimento a partir de 1981 (figura 4.5). Os dois principais factores associados a esta evolução foram o período de estagnação, sentido no regime do Estado Novo (1933-1974), que limitava a evolução desejada, e porque Portugal não sofreu os efeitos dos conflitos militares à mesma escala do que as suas congéneres europeias e que provocaram profundas alterações nas sociedades e na necessidade de reconstrução dos seus espaços urbanos.

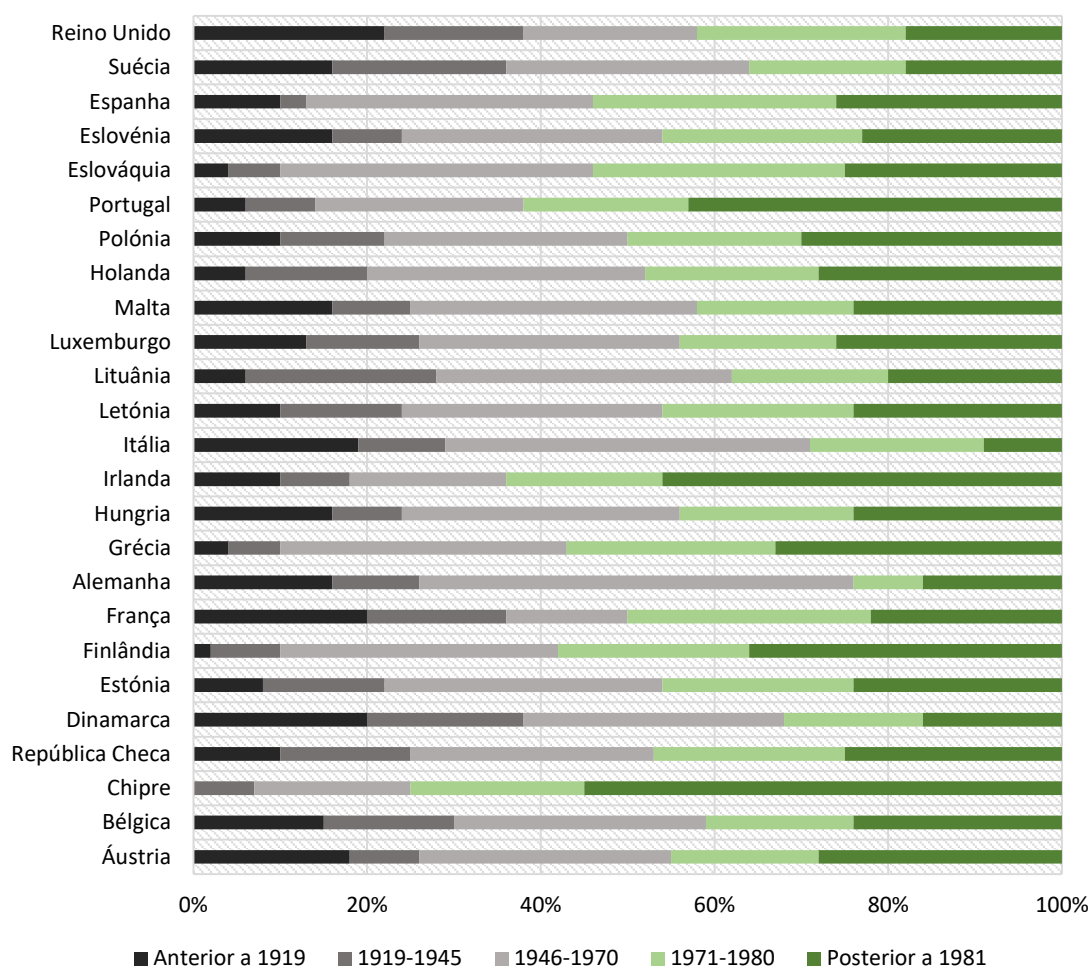


Figura 4.5 - Distribuição etária do parque habitacional dos estados membros da UE, em 2005
Executado a partir de Comissão Europeia 2008

Os fluxos migratórios, registados após o término do regime ditatorial do Estado Novo, produziram elevadas pressões sobre as grandes cidades, como Lisboa e Porto, originando um rápido crescimento do seu parque habitacional, associado a uma menor qualidade construtiva. Este factor é a principal razão pela qual, apesar de mais antigo, o parque habitacional dos restantes países europeus é mais qualificado do que o nacional. A

posterior degradação destes centros urbanos e das suas condições de habitabilidade, devido à insuficiência de recursos financeiros, para a sua manutenção e actualização, levou à deslocação da população para zonas periféricas, procurando nos subúrbios condições de conforto superiores e mais atractivas. Estes factores, aliados à desertificação dos centros urbanos, devido à sua acentuada degradação, e ao incentivo ao crédito, para a compra de habitação nova, contribuíram para a diferença vincada entre a construção nova e a reabilitação (Delgado, 2008).

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2011, 63% do parque edificado nacional era composto por edifícios construídos nos últimos 40 anos, contrastando com os 15% correspondentes a edifícios anteriores a 1945 (figura 4.6).

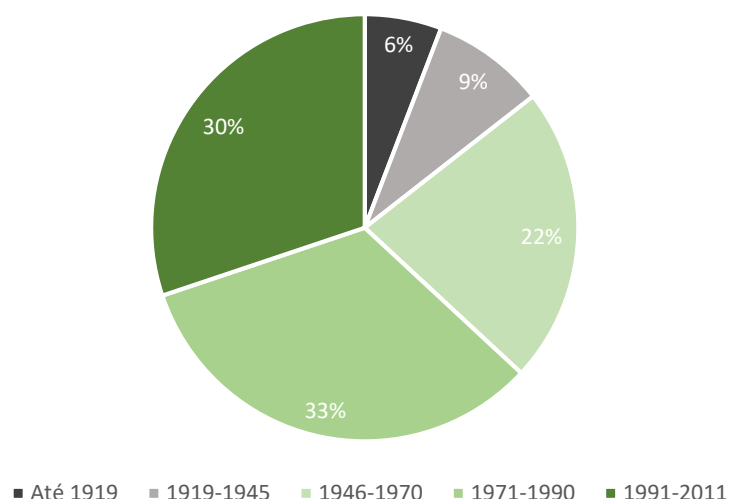


Figura 4.6 - Distribuição etária do parque edificado nacional em 2011
Adaptado de INE, 2015b

Entre 1981 e 1991 registou-se uma perda de 36% de edifícios históricos e, na década seguinte, cerca de 52%, dados que revelam a baixa percentagem de edifícios anteriores a 1919 e que demonstra a escassez de intervenções de reabilitação em edifícios antigos, tendo-se optado, na maioria dos casos, por demolições ou mudanças de utilização. Este facto levou a um acelerado abandono e destruição do património histórico, e define Portugal como o país da UE com menor taxa de reabilitação de edifícios (Martins, 2014).

Relativamente ao índice de envelhecimento¹ do edificado e à sua distribuição pelo território, segundo o CENSOS 2011 (INE, 2012), verifica-se que os edifícios mais

¹ $\frac{\text{Edifícios Construídos até 1960}}{\text{Edifícios construídos após 2001}} \times 100$

envelhecidos encontram-se no interior do País, sendo de certa forma expectável e em paralelo com a desertificação das regiões do interior, sobretudo no Alentejo, e que as zonas periféricas aos maiores centros urbanos, o Grande Porto e a Grande Lisboa, são aquelas que possuem uma menor taxa de envelhecimento, indicando uma expansão dos subúrbios (figura 4.7).

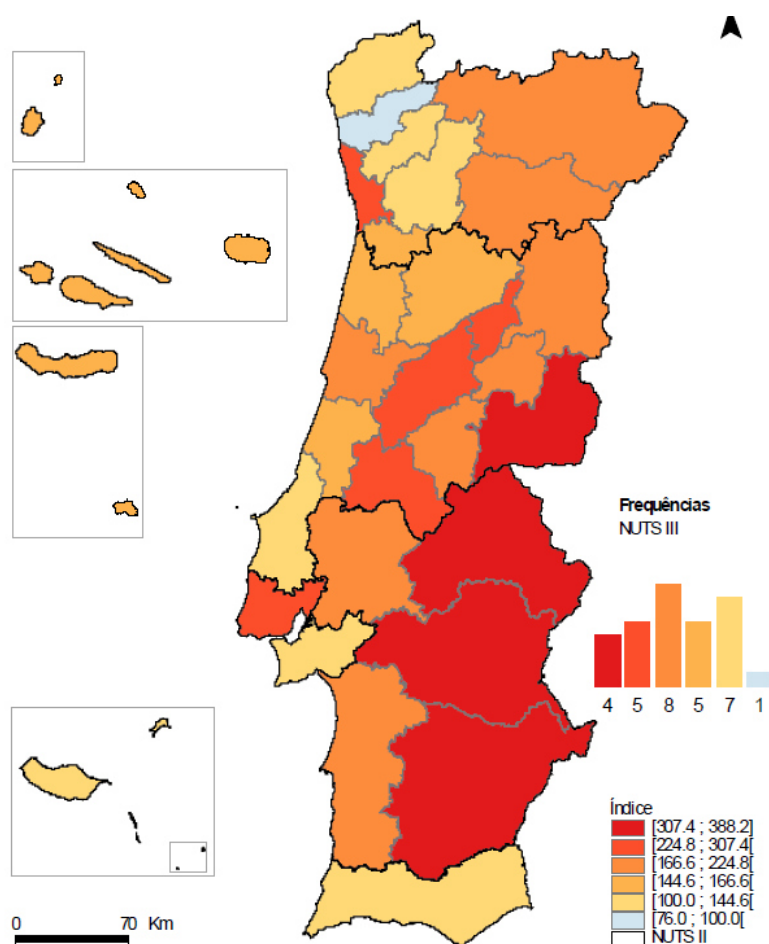


Figura 4.7 - Índice de envelhecimento dos edifícios em Portugal (2011)
Fonte: CENSOS 2011 (INE, 2012)

Tal vem, também, reforçar a noção de que o forte crescimento do parque habitacional, registado nas últimas décadas e destacando um período mais recente, pós 2001, foi mais expressivo, por NUTS III² circundantes aos grandes centros urbanos supracitados.

² Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos

Na década de 90 do século passado, a evolução do parque habitacional foi marcada pelo aumento do acesso à propriedade da habitação e residências secundárias, tendência que se manteve no início do século XXI (figura 4.8).

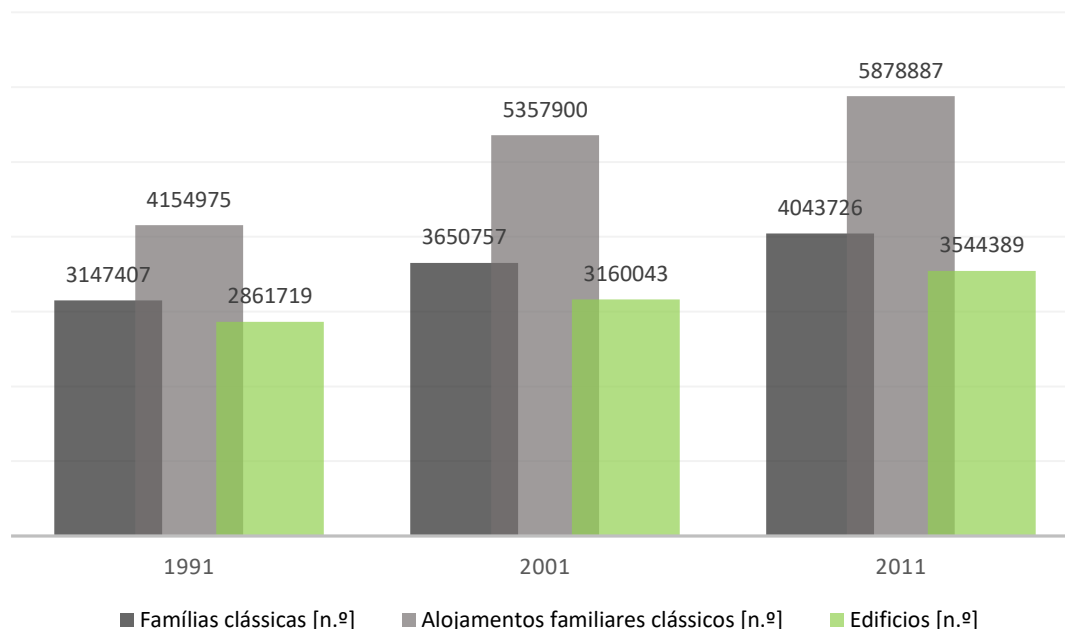


Figura 4.8 - Evolução do número de alojamentos clássicos, famílias clássicas e edifícios em Portugal
Adaptado de INE, 2015c

Pelos dados anteriores, é possível observar que, nas últimas três décadas, houve uma constante expansão do parque habitacional, entre 1991 e 2011, o número de edifícios aumentou cerca de 10%, por década, e o número de alojamentos registou um crescimento, ainda mais significativo neste período, sensivelmente de 30%. Contudo, atendendo ao número de famílias clássicas (conjunto de pessoas que residem no mesmo alojamento e que têm relações de parentesco, de direito ou de facto, entre si), este crescimento registado não indica uma necessidade no mercado imobiliário, apenas uma saturação no mesmo. De facto, e na última década, o crescimento do número de alojamentos tem sido superior ao número de famílias clássicas, traduzindo-se num aumento significativo do parque habitacional de residência secundária e vaga (INE, 2012). Numa escala europeia, Portugal é das nações com um índice mais elevado de alojamento por habitante, cerca de 0,55.

Esta tendência está relacionada, também com o aumento do número de alojamentos por edifício, tendo atingido 1,7 em 2011. A Região Autónoma dos Açores apresenta os valores mais baixos, com 1,1 alojamentos por edifício, e a região de Lisboa os valores mais elevados, com 3,3, sendo que as restantes regiões do território nacional situam-se

abaixo dos 2,0 (INE, 2012). Estes valores indiciam uma relação entre a distribuição populacional e a pressão construtiva (Martins, 2014). A zona litoral é onde reside a maioria da população e é também onde se concentra grande parte do parque habitacional (figura 4.9).

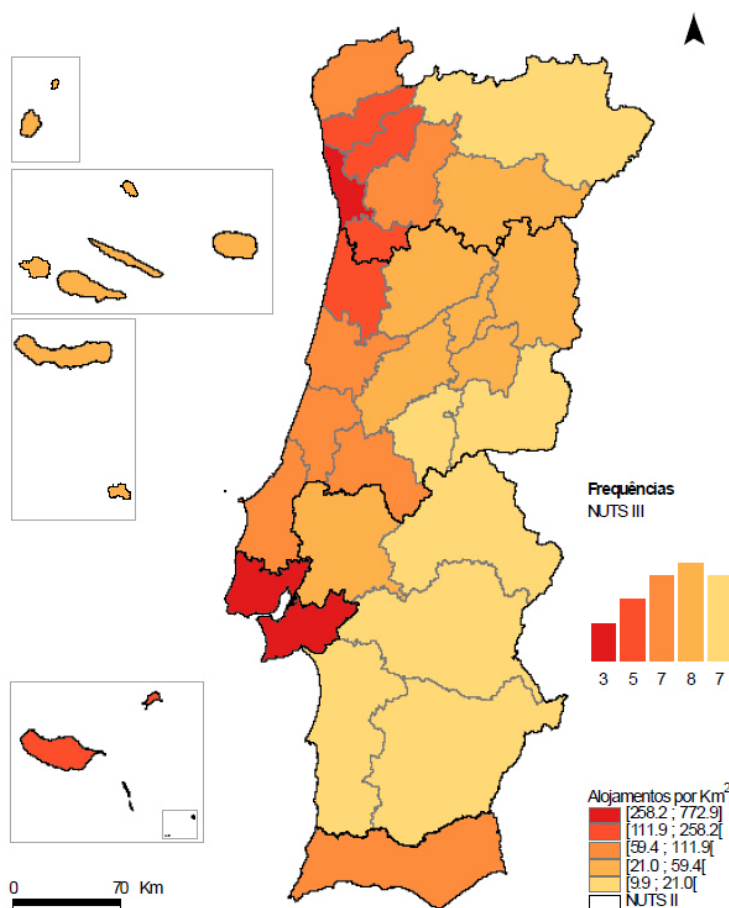


Figura 4.9 - Densidade de alojamentos clássicos em Portugal (2011)
Fonte: CENSOS 2011 (INE, 2012)

Os edifícios unifamiliares representam 87,2% do parque habitacional, embora a dimensão média dos edifícios (número médio de alojamento por edifício) tenha vindo a crescer, ao longo das últimas décadas, apresentando grandes disparidades a nível regional. Como referido e esperado, a região de Lisboa apresenta uma média de 3,3 alojamentos por edifício, sensivelmente o dobro da média nacional (1,7). No mesmo sentido, esta região apresenta, também, uma maior tendência para a construção em altura, onde o seu número médio de pisos por edifício é de 2,46, sendo a média nacional de 1,89 (INE, 2012).

Relativamente ao estado de conservação dos edifícios, no período compreendido entre 2001 e 2011, verificou-se uma melhoria deste indicador. Em 2001, 3% dos edifícios

apresentava-se muito degradados e 38% tinha necessidade de reparação, e, em 2011, apenas 1,7% e 27,2% respectivamente. Em termos de NUTS II, as melhorias mais significativas foram registadas na região Norte, sendo, mais uma vez, o Alentejo a região que apresenta a percentagem mais elevada de edifícios degradados, 2,1% (INE, 2012).

Embora este indicador tenha evoluído favoravelmente, e a percentagem de edifícios reabilitados tenha vindo a aumentar, quase um terço do parque edificado nacional encontra-se muito degradado ou a necessitar de reparação (figura 4.10).

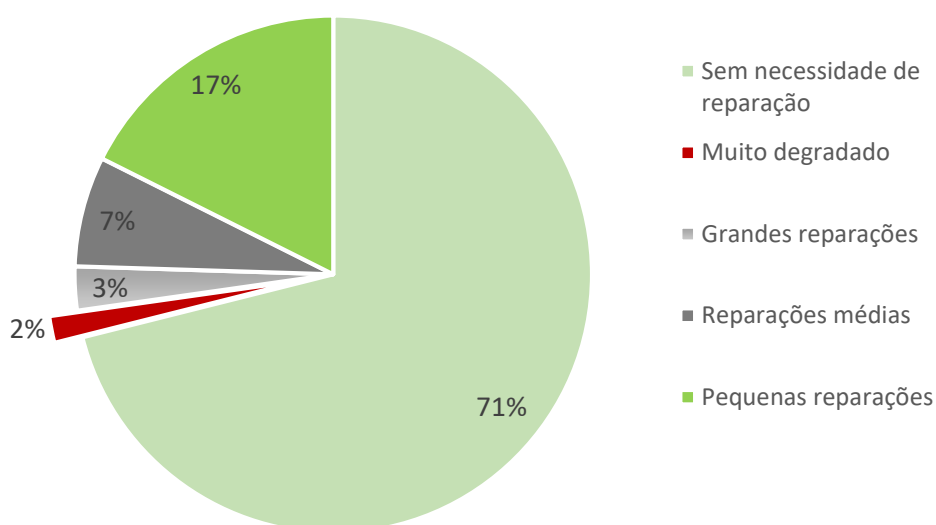


Figura 4.10 - Estado de conservação do parque edificado nacional
Adaptado de INE, 2012

Outro aspecto a ter em consideração e relativo não só à manutenção mas, também, à qualidade construtiva, praticada em Portugal, é o facto de que 24.721 edifícios com menos de 10 anos apresentarem necessidades de reparação e cerca de 549 desta faixa etária já se encontrarem muito degradados (INE, 2012).

Para além do conhecimento do estado actual do património edificado, é necessário, também o seu conhecimento numa vertente técnica, pois, de um modo geral, fornece elementos para a compreensão do desenvolvimento evolutivo da capacidade humana de adaptação ao meio circundante. A identificação da tipologia de um determinado edifício pode também, alertar para um conjunto de características e condicionantes próprias ao seu tipo de construção, podendo ser esta análise determinante para a adopção de critérios e soluções numa intervenção de reabilitação.

O parque habitacional português, sobretudo o de Lisboa, tem sofrido grandes transformações desde os seus primórdios. Não só por causas naturais, como o sismo de 1 de Novembro de 1775, e pela degradação, ao longo do tempo, do património edificado, mas, também, na evolução das tecnologias construtivas, registadas desde o século XVII, até à generalização, como solução corrente, do betão armado, a partir de meados do século XX (LNEC, 2005).

Até à introdução do betão armado, as estruturas dos edifícios do parque edificado nacional eram, predominantemente, executadas em paredes resistentes das fachadas e empenas, com o seu travamento horizontal através de elementos de madeira. Estas paredes resistentes eram, em geral, executadas em alvenaria simples e a sua composição variava, de acordo com a localização geográfica da construção. Este facto determinava o tipo de composição desta estrutura resistente, pois condicionava não só o uso de matérias-primas quer ao nível dos seus elementos principais, quer ao nível dos materiais ligantes e, também, do conhecimento vernacular da mão-de-obra local e as correspondentes técnicas de aplicação. Deste modo, é possível observar diferentes composições destas paredes resistentes ao longo do território nacional. Na região de Lisboa, e em algumas zonas do Alentejo e Beira Litoral, o calcário, dada a sua abundância nestas regiões, era o material constituinte predominante, o xisto no Douro e nas Beiras e o granito, em zonas como Trás-os-Montes, Beiras e Douro Litoral (Farias, 2010).

A transição para a utilização de betão armado, nas estruturas dos edifícios, só se regista em Portugal já na terceira década do século XX, com um considerável atraso relativo aos países mais industrializados, devido à falta de capitais e à escassez de matérias-primas.

Em Portugal, o desenvolvimento destes sistemas construtivos e a sua utilização, relativamente às suas fundações, estrutura, paramentos exteriores e paredes interiores, podem ser agrupados em sete épocas distintas (tabela 4.5)

Tabela 4.5 - Evolução, em sete épocas distintas, das soluções construtivas dos edifícios de habitação

Tipologias	Fundações	Estrutura	Paramentos exteriores	Paredes interiores
Pré-Pombalino (até 1755)	Alvenaria ordinária e/ou aparelhada. Estacas de madeira	Madeira. Paredes resistentes de alvenaria de pedra ou tijolo	Alvenaria de pedra. Taipa. Adobe. Poucas aberturas para o exterior	Adobe. Tabique de madeira
Pombalino (1755-1880)	Alvenaria ordinário e/ou aparelhada. Estacas de madeira	Gaiola de madeira. Paredes -mestras de alvenaria de pedra.	Alvenaria de pedra. Janelas de grandes dimensões nas fachadas.	Tabique de madeira. Paredes de frontal.
Gaioleiro (1880-1930)	Alvenaria ordinária e/ou aparelhada. Estacas de madeira.	Sistema de paredes-mestras e paredes resistentes de alvenaria de pedra e tijolo.	Alvenaria de pedra nas fachadas. Alvenaria de tijolo maciço nas empenas.	Alvenaria de tijolo maciço nas empenas. Tabique de madeira. Paredes de frontal. Alvenaria de Tijolo.
Misto (1930-1940)	Alvenaria ordinária e/ou aparelhada. Estacas de madeira.	Paredes resistentes de alvenaria. Lajes e vigas de betão armado que descarregam nas paredes.	Alvenaria de pedra. Alvenaria de tijolo maciço.	Alvenaria de tijolo furado.
Betão armado I (1940-1960)	Betão armado.	Pórtico de betão armado.	Alvenaria dupla de tijolo furado. Aspecto maciço com poucas janelas.	Alvenaria de tijolo furado.
Betão armado II (1960-1980)	Betão armado.	Pórtico e paredes resistentes de betão armado. Construção em túnel de betão armado.	Alvenaria dupla de tijolo furado. Elementos pré-fabricados de betão armado.	Alvenaria de tijolo furado.
Corrente (após 1980)	Betão armado.	Pórtico de betão armado. Estrutura mista de aço-betão armado.	Alvenaria dupla de tijolo furado com isolamento. Grande área envidraçada nas fachadas. Alvenaria com isolamento pelo exterior.	Alvenaria de tijolo furado.

Adaptado de Farias, 2010

De salientar alguns aspectos relevantes deste processo evolutivo, em primeiro lugar, a resposta dada em termos construtivos, ao sismo de 1755, pelos edifícios pombalinos, sendo ainda hoje edifícios de grande qualidade construtiva, caracterizados pelos frontais pombalinos. Depois, duas tipologias seguintes, os edifícios gaioleiros e os edifícios mistos ou “de placa”, que apresentam um acréscimo em número de pisos e um decréscimo na qualidade de construção, perdendo-se um pouco as preocupações construtivas, evidenciadas pela anterior tipologia pombalina. De destacar, ainda, a evolução nas paredes mais correntes de edifícios, a introdução da parede dupla nos anos 50 do século passado, e, também, a existência de paredes simples de betão armado moldado em obra e de painéis fabricados nas décadas de 70 e 80 do século passado, registando-se também neste período, uma diminuição drástica da espessura (e da resistência térmica). Com a introdução do 1º Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) em 1990, começa a surgir o isolamento térmico nas paredes exteriores, que até aqui era bastante raro, e, em 2006, com a entrada em vigor do 2º RCCTE, o isolamento térmico das pontes térmicas planas constituídas pela estrutura (figura 4.11).

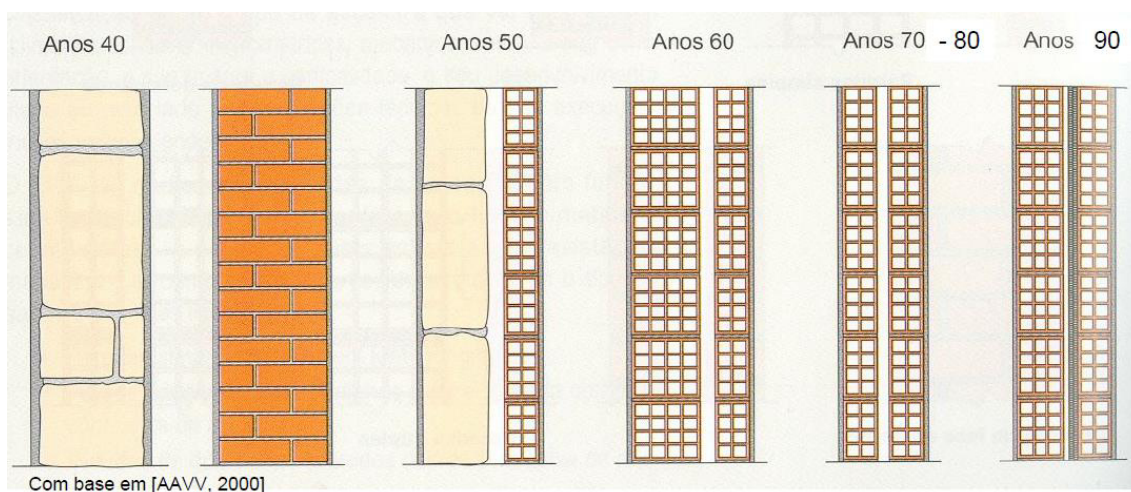


Figura 4.11 - Evolução, no século passado, das soluções construtivas das paredes exteriores em Portugal

5. A Eficiência Energética

5.1 As exigências funcionais dos edifícios

Os atributos que permitem aos utilizadores a realização de determinadas actividades, para o qual um espaço foi projectado, podem ser definidas como as exigências funcionais dos edifícios (figura 5.1). Estas encontram-se associadas aos requisitos definidos em vários regulamentos para os diferentes elementos constituintes dos edifícios. Em Portugal, o regulamento que serviu de base aos vários decretos utilizados para regulamentar estas exigências, surgiu no início do século XX, tendo sido denominado Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas, aprovado pelo Decreto de 14 de Fevereiro de 1903 (Farias, 2010; Portugal, 2008). Em edifícios de habitação, as exigências funcionais podem ser definidas como os atributos de um edifício que permitem garantir a realização das actividades domésticas, dos seus utilizadores, em segurança e em condições de satisfação e bem-estar, dentro de níveis exequíveis de custos de construção e manutenção (Nereu, 2001).

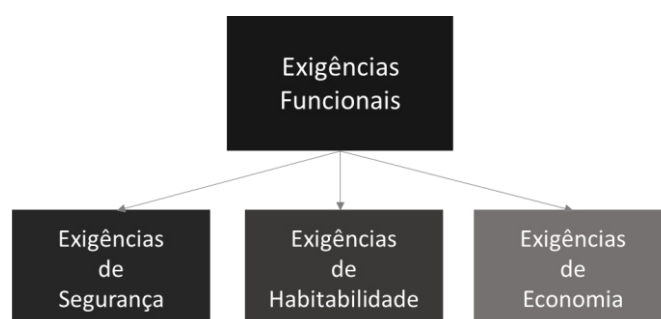


Figura 5.1 - Exigências funcionais dos edifícios

Estas exigências podem ser agrupadas em três aspectos distintos e são condicionadas, num processo de reabilitação, pela tipologia e ano de construção dos edifícios, sendo, assim, necessário um cuidado acrescido na sua análise, para a determinação dos trabalhos necessários e as tecnologias construtivas e materiais a utilizar, de modo a que se cumpram os requisitos mínimos e recomendados.

a) Exigências de segurança

As exigências de segurança certificam a protecção e integridade física dos utilizadores, podendo ser agrupadas da seguinte forma:

- Segurança estrutural – a estrutura de um edifício deve ser dimensionada de forma a suportarem todas as cargas a que sejam submetidos, sem que se dê o seu colapso. Os regulamentos utilizados para a verificação destes requisitos mínimos são o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP), o Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA) e o Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios (REAE) e os Eurocódigos Estruturais (EC) (tabela 5.1). Os EC constituem documentos de referência a utilizar para a comprovação da conformidade de projectos de obras de construção, determinação das características dos produtos de construção estruturais com marcação CE e para a elaboração de cadernos de encargos.

Tabela 5.1 - Normas europeias e Eurocódigos estruturais para verificação dos requisitos da estrutura

Norma Europeia	Título (simplificado)
EN 1990	Eurocódigo – Bases para o projecto
EN 1991	Eurocódigo 1 – Acções em estruturas
EN 1992	Eurocódigo 2 – Acções em estruturas de betão
EN 1993	Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço
EN 1994	Eurocódigo 4 – Projecto de estruturas mistas aço-betão
EN 1995	Eurocódigo 5 – Projecto de estruturas de madeira
EN 1996	Eurocódigo 6 – Projecto de estruturas de alvenaria
EN 1997	Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico
EN 1998	Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos
EN 1999	Eurocódigo 9 – Projecto de estruturas de alumínio

- Segurança contra incêndios – procura garantir condições para o confinamento do fogo de forma a evitar a sua propagação a espaços contíguos e para a evacuação, em segurança, dos utilizadores.
- Uso e ocupação – estas exigências visam os acessos e a circulação nos espaços, em que são consideradas situações como a iluminação e a regularidade das superfícies do piso, de forma a evitar acidentes. Ainda, neste contexto, são englobados os equipamentos e revestimentos existentes, cuja instalação e

utilização tenham associados riscos para a segurança dos utilizadores, tais como, explosão, electrocussão ou libertação de gases tóxicos (Farias, 2010).

b) Exigências de habitabilidade

As condições de conforto são estabelecidas ao nível do ambiente interior, englobando o conforto acústico, térmico e a qualidade do ar:

- Conforto acústico – o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), articulado com o Regulamento Geral do Ruído (RGR) regula a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação. As normas deste Regulamento são aplicáveis a vários tipos de edifícios e os seus limites de isolamento sonoro variam consoante o seu uso. Para os edifícios destinados à habitação, de uma maneira geral, são avaliados o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, entre o exterior ou locais de circulação comum do edifício e quartos ou zonas de estar das fracções autónomas, o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, no interior dos quartos ou zonas de estar, e o nível de avaliação do ruído particular de equipamentos colectivos.
- Conforto térmico e de qualidade do ar – O ambiente interno de uma fracção deverá permitir que os seus utilizadores, com vestuário adequado, possam desenvolver as suas actividades sem sensação de desconforto térmico (Nereu, 2001). O Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, estabelece o REH, integrado no Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE). O REH define os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respectivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente. Este regulamento, apenas aplicável às fracções autónomas de habitação, define as condições ambientais de conforto de referência para duas estações distintas, estação de arrefecimento e estação de aquecimento. Para a estação de arrefecimento, é definida uma temperatura do ar no interior da fracção de 25°C e

50% de humidade relativa e para a estação de aquecimento uma temperatura do ar no interior da fracção de 18°C. Por outro lado, são estabelecidos os requisitos de ventilação dos espaços, que impõe um valor mínimo para a taxa de renovação do ar. Estas exigências ao nível de ventilação, conjuntamente com uma boa concepção dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, garantem as condições de salubridade de um edifício.

c) Exigências económicas

As exigências económicas estão relacionadas com os custos de construção e operacionais de um edifício ao longo do seu ciclo de vida. Estas dependem do conjunto de soluções construtivas que satisfaçam os requisitos anteriores e a sua escolha deverá recair na solução que for mais acessível economicamente.

5.2 O consumo energético habitacional

Segundo a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), em 2014, o sector dos transportes foi o maior responsável pelo consumo energético em Portugal, seguindo-se o sector industrial e o sector doméstico (figura 5.2). Este último sector representou 17% do consumo total e a produção de energia primária associada revela uma dependência em cerca de 70% da produção externa (DGEG, 2014).

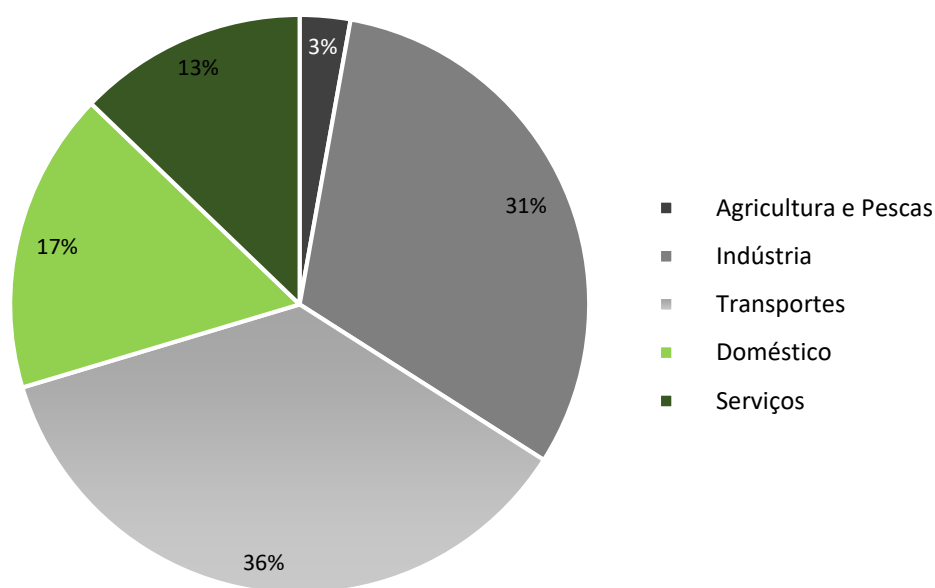


Figura 5.2 - Distribuição do consumo total de energia por sector de actividades, em Portugal (2014)
Adaptado de DGEG, 2014

Entre 1995 e 2010, observou-se um ligeiro aumento do consumo energético no sector doméstico e uma ligeira diminuição na sua contribuição no consumo total, após este período, e até 2014, registou-se não só um abrandamento do consumo energético neste sector, mas, também uma diminuição na sua contribuição no consumo total (figura 5.3).



Figura 5.3 - Consumo no sector doméstico (ktep) e peso (%) no consumo final de energia (1995-2014)
Adaptado de DGEG, 2014

A electricidade é o tipo de fonte energética predominante no consumo doméstico (40%), correspondendo a 26% do consumo total de energia eléctrica de todas as actividades. Opostamente, a energia solar térmica representa apenas 2% do consumo energético final deste sector (figura 5.4).

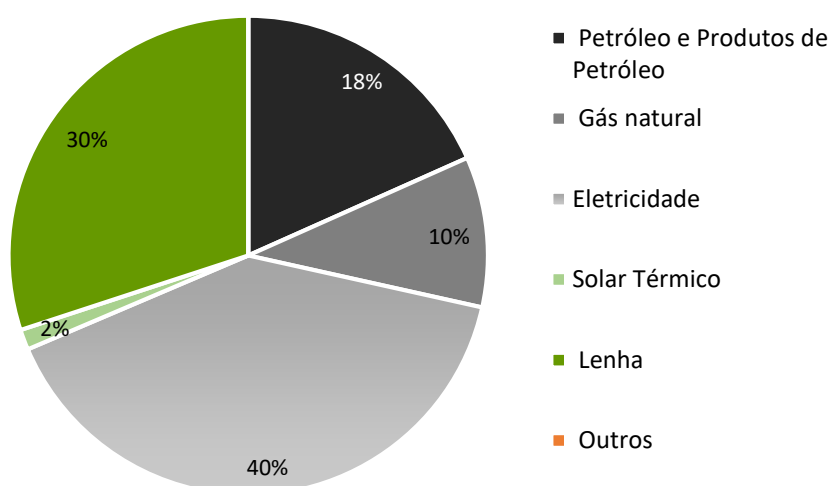


Figura 5.4 Distribuição por tipo de fonte do consumo energético final no sector doméstico (2014)
Adaptado de DGEG, 2014

Segundo o INE (2012), o papel relevante do consumo de energia eléctrica, no sector residencial, deve-se ao facto de a maioria dos equipamentos, presentes nas habitações, requer este tipo de fonte de energia, evidenciando uma forte dependência desta na sociedade. O aumento do consumo de electricidade, está directamente, associado ao aumento do conforto térmico e ao crescente número de equipamentos eléctricos³, disponíveis nas habitações. A cozinha e os equipamentos eléctricos representam os consumos mais elevados, respectivamente, 40% e 33% da procura total de energia eléctrica, sendo, deste modo, responsáveis por mais de 70% da factura eléctrica residencial. Por outro lado, salienta-se, uma vez mais, a dependência deste tipo de energia no sector doméstico, pois apesar de representar, apenas, 9% desta factura, o consumo derivado do aquecimento ambiente tem, na electricidade, o seu factor mais relevante. Outro aspecto, a ter em consideração, é a contribuição das fontes renováveis para a produção total de electricidade. De acordo com o relatório do INE Estatísticas do Ambiente 2012 (INE, 2013), em 2012, 44,3% da produção total de electricidade foi derivada das fontes de energia renováveis, sendo o peso relativo de cada uma delas apresentado na figura 5.5.

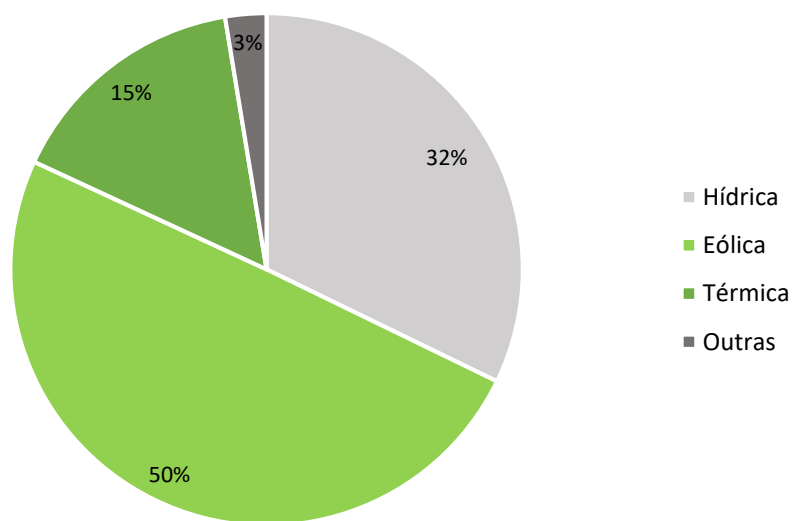


Figura 5.5 - Peso relativo de cada fonte renovável para a produção de electricidade, em Portugal (2012)
Adaptado de INE, 2013

³ Os equipamentos eléctricos englobam pequenos domésticos, equipamentos de entretenimento e informática.

Em relação ao consumo de energia global, nos alojamentos, verifica-se que é na cozinha que se concentra a maior parte do gasto global (37%), a que se segue o aquecimento de águas (31%) (figura 5.6).

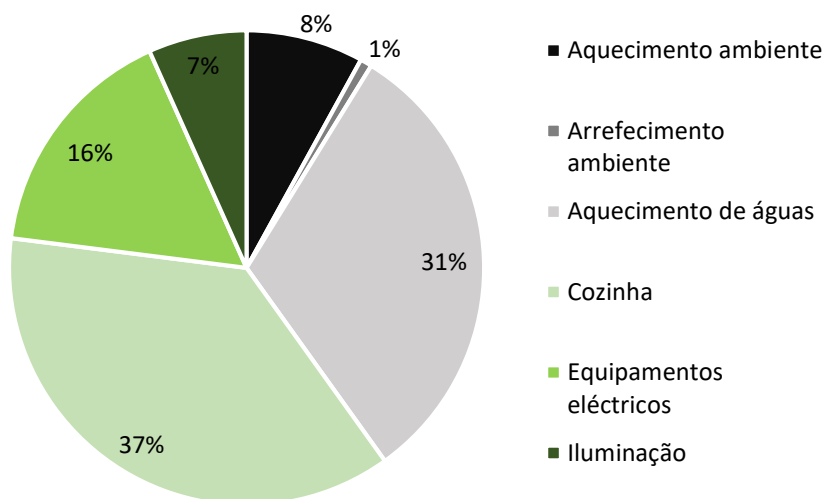


Figura 5.6 - Distribuição do consumo de energia nos alojamentos por tipo de uso (2010)
Adaptado de INE, 2011a

Em termos de consumos totais de energia, para aquecimento do ambiente nos alojamentos familiares clássicos, a fonte energética mais consumida é a lenha (68%) seguida do gásóleo de aquecimento e electricidade (14%), no lado oposto, o consumo de energias renováveis para aquecimento do ambiente interior situa-se abaixo de 1% (figura 5.7)

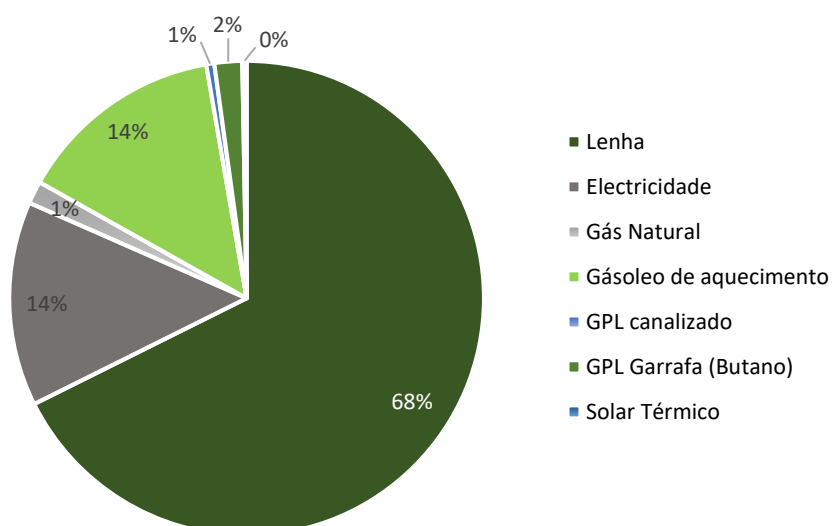


Figura 5.7 - Consumo total de energia para aquecimento do ambiente nos alojamentos familiares clássicos (2010)
Adaptado de INE 2011b

5.3 O desempenho térmico e energético dos edifícios

O desempenho térmico e energético dos edifícios é condicionado por diversos factores, tais como a sua localização geográfica, a sua orientação, o seu desenho passivo e os seus sistemas activos de produção de energia. De uma forma simplificada, e seguindo o modelo de cálculo do REH, a eficiência energética de uma fracção autónoma é o resultado final da comparação de determinados parâmetros de cálculo, entre os respectivos valores da sua situação actual (solução existente) e valores de referência, para que o seu espaço útil interior se encontre a uma determinada temperatura de conforto térmico, isto é, na estação de Inverno o ar interior se encontre a 18°C e na estação de Verão a 25°C. Como referido anteriormente, estes parâmetros advêm dos factores que condicionam o desempenho térmico e energético do edificado (figura 5.8).

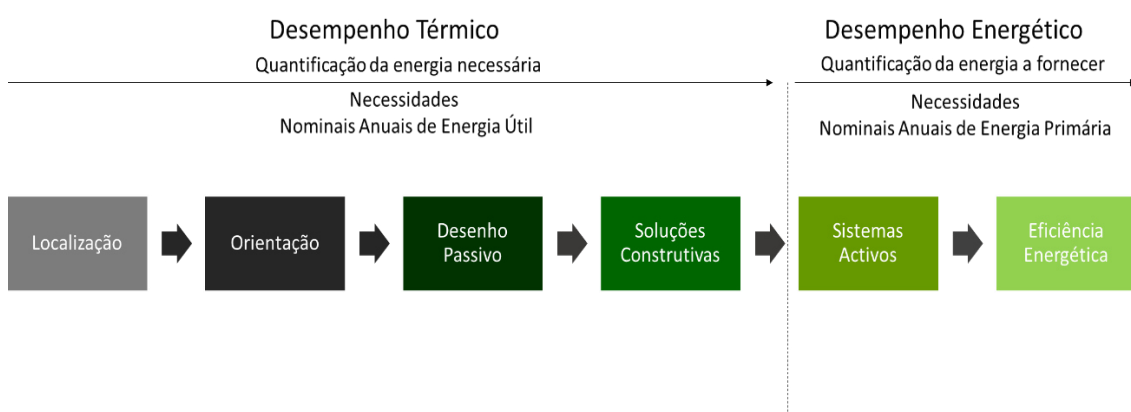


Figura 5.8 - Factores preponderantes para a determinação da eficiência energética de uma fracção autónoma

Relativamente aos factores condicionantes do desempenho térmico de um edifício, a sua localização geográfica determina o seu zonamento de Inverno e de Verão, estabelecendo, deste modo, os parâmetros climáticos, relacionados com as condições térmicas externas e a própria duração da estação de Inverno. O desenho passivo, isto é, a disposição e orientação dos elementos, que compõem as envolventes, irá influenciar os ganhos térmicos brutos para ambas as estações, provenientes dos ganhos internos brutos e dos ganhos solares pelos elementos opacos da envolvente exterior e pelos vãos envidraçados. As soluções construtivas, através do seu coeficiente de transmissão térmica (U) e a disposição dos seus elementos constituintes, vão condicionar as trocas de calor por

transmissão, entre o espaço interior aquecido e a envolvente exterior e espaços não aquecidos. O valor do U, de um elemento, caracteriza, assim, a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que este separa. Nos elementos opacos, constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado através da equação 1:

$$U = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \quad [\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}] \quad (1)$$

em que:

R_j – Resistência térmica da camada j, $[\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}]$;

R_{si} – Resistência térmica superficial interior, $[\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}]$;

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior, $[\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}]$;

Outro factor determinante, no desempenho térmico, é a taxa de renovação de ar interior, que é, posteriormente, traduzida num coeficiente de calor, por transmissão, para cada estação. Deste modo, as necessidades nominais anuais de energia útil, quer de cálculo quer de referência, são obtidas de acordo com a figura 5.9.



Figura 5.9 - Necessidade nominais anuais de energia útil

Conforme se pode ler pela figura anterior, a utilização dos ganhos térmicos difere nas estações, isto é, na estação de Inverno os ganhos térmicos influenciam, positivamente, o desempenho térmico, diminuindo as necessidades energéticas da fracção, e, inversamente, na estação de Verão, os ganhos térmicos influenciam, negativamente, o desempenho térmico da fracção, aumentando as suas necessidades energéticas. De salientar, a existência de um factor de utilização dos ganhos térmicos, para cada estação,

que está dependente dos respectivos ganhos térmicos, ou seja, o factor de utilização dos mesmos difere de estação para estação.

Relativamente ao desempenho energético, este vai relacionar estas necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento, contabilizando, também, as necessidades energéticas para produção de águas quentes sanitárias (AQS), ventilação mecânica e energia proveniente de fontes de energias renováveis, com os sistemas de produção das mesmas, ou seja, vai transformar a energia útil em energia primária necessária (figura 5.10). Esta transformação vai depender do tipo de fonte de energia e eficiência nominal dos sistemas de produção (figura 5.11). Do somatório das respectivas necessidades de energia primária (aquecimento, arrefecimento, produção de AQS e ventilação mecânica) obtém-se as necessidades nominais anuais globais de energia primária, ou seja, o consumo energético para que a fracção autónoma se encontre às temperaturas de conforto térmico, nas diferentes estações e para a respectiva produção de AQS.



Figura 5.10 - Necessidades nominais globais de energia primária

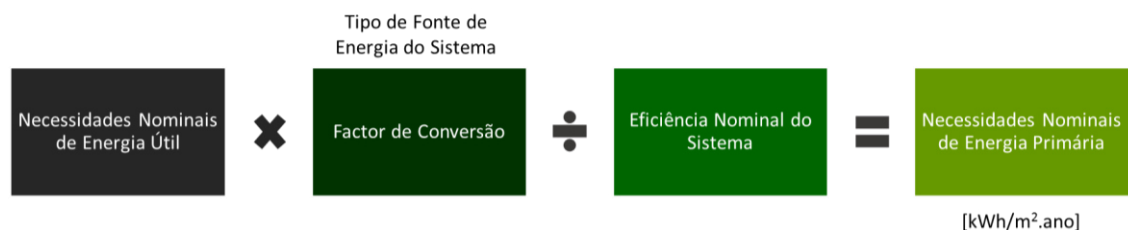


Figura 5.11 - Conversão das necessidades de energia útil em necessidades de energia primária

Do quociente entre as necessidades nominais anuais globais de energia primária de cálculo (Ntc) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária de referência (Nt) irá corresponder a classificação energética da fracção autónoma de acordo com a figura 5.12.

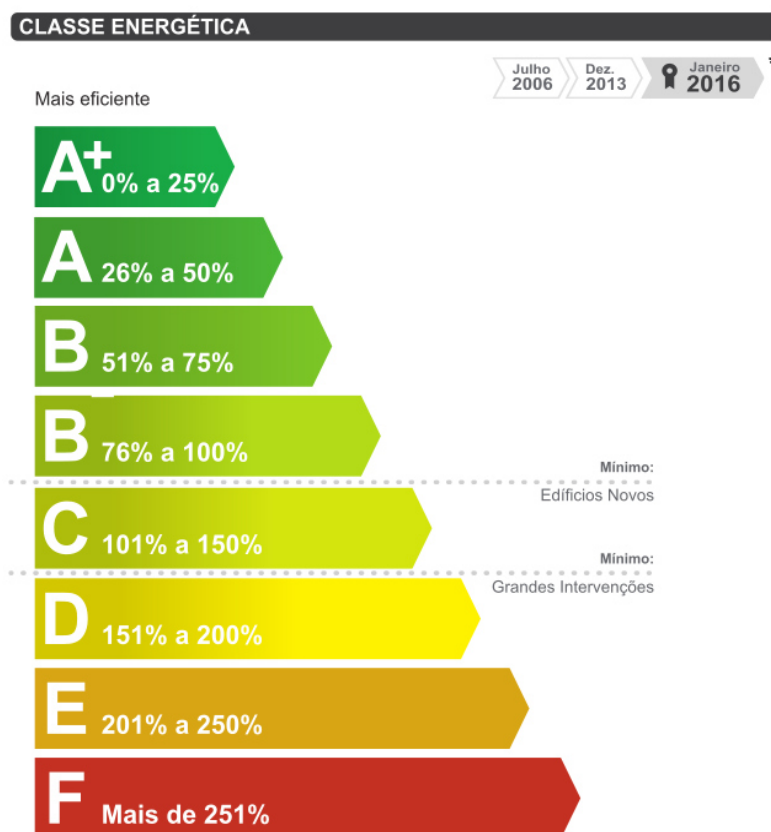


Figura 5.12 - Classe energética da fracção autónoma
Fonte: ADENE, 2016a

Em Portugal, a Agência para a Energia (ADENE) é o órgão responsável pela gestão da certificação energética dos edifícios. O enquadramento legislativo referente ao comportamento térmico e energético dos edifícios surgiu, a nível nacional, em 1990 através do RCCTE, tendo sofrido diversas alterações e acréscimos legislativos, ao longo dos anos, até mais recentemente, a 1 de Janeiro de 2016, em que foram actualizados certos requisitos mínimos, com especial incidência nos coeficientes de transmissão térmica mínimos, para os elementos constituintes da envolvente, definidos no pacote legislativo do SCE (Decreto-lei n.º118/2013), em vigor desde 1 de Dezembro de 2013 (ADENE, 2016a). O desenvolvimento legislativo, a nível nacional, no domínio do comportamento térmico e energético dos edifícios é apresentado na figura 5.13.

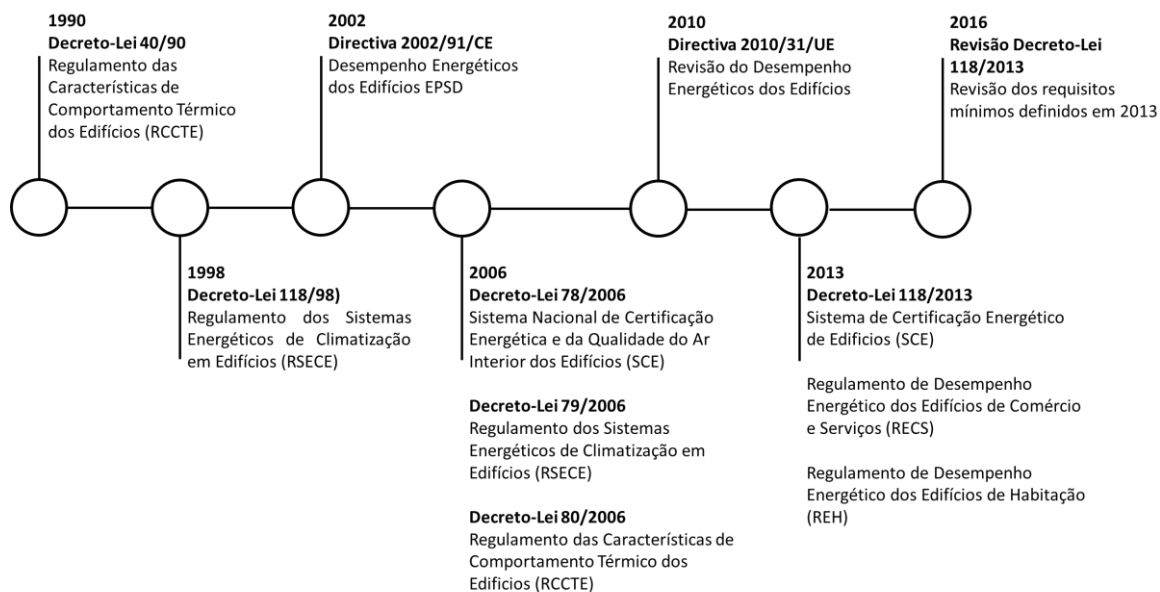


Figura 5.13 - Enquadramento legislativo do comportamento térmico e energético dos edifícios
Adaptado de Corvacho, 2014

Segundo a ADENE, entre 2009 e 2016, foram emitidos cerca de 920 mil certificados energéticos, e, destes, 96% corresponde a edifícios existentes e os restantes 4% a edifícios novos. Ainda, segundo a mesma agência, dos certificados energéticos emitidos para edifícios de habitação com os requisitos de 2013, cerca de 34% obteve uma classe energética C, mais de metade (51%) classificação inferior a C e os restantes (15%) classe superior a C, e destes, apenas, 4,6% atingiram uma classificação igual ou superior a A. Pelos requisitos de 2016 e, ainda, relativo aos certificados emitidos para os edifícios de habitação, a classe energética mais representativa foi a D (31%), seguida da C (20%), em que, apenas 9,4% obteve classe energética superior a C, comprovando-se, deste modo, o incremento das exigências, relativo aos requisitos mínimos, constante na revisão do Decreto-Lei 118/2013, com entrada em vigor a 1 de Janeiro de 2016 (figuras 5.14 e 5.15).

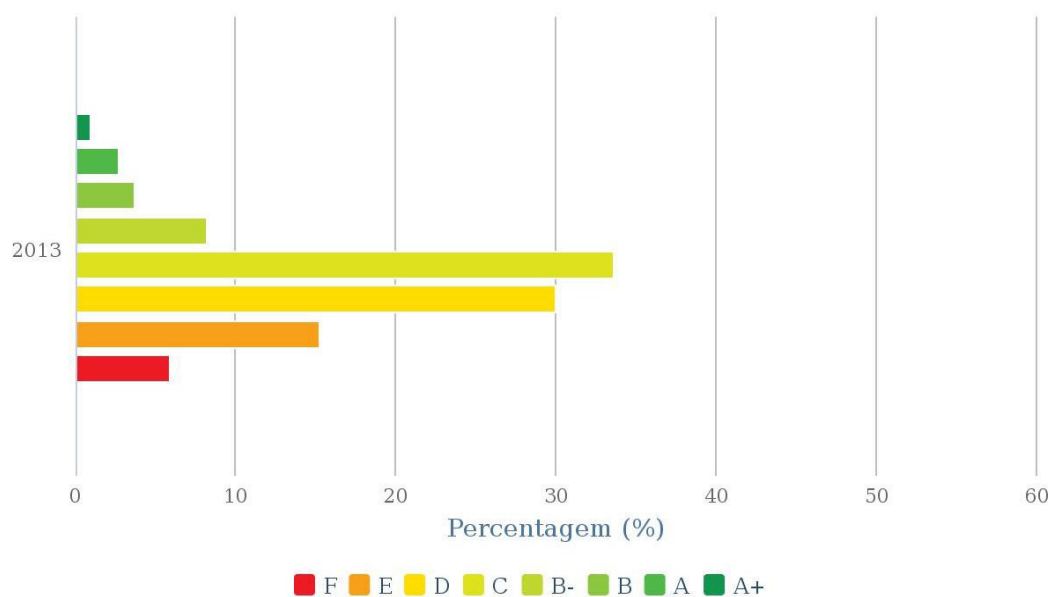


Figura 5.14 - Desagregação percentual da classe energética dos imóveis de habitação tendo por base os requisitos de 2013
 Fonte: ADENE, 2016b

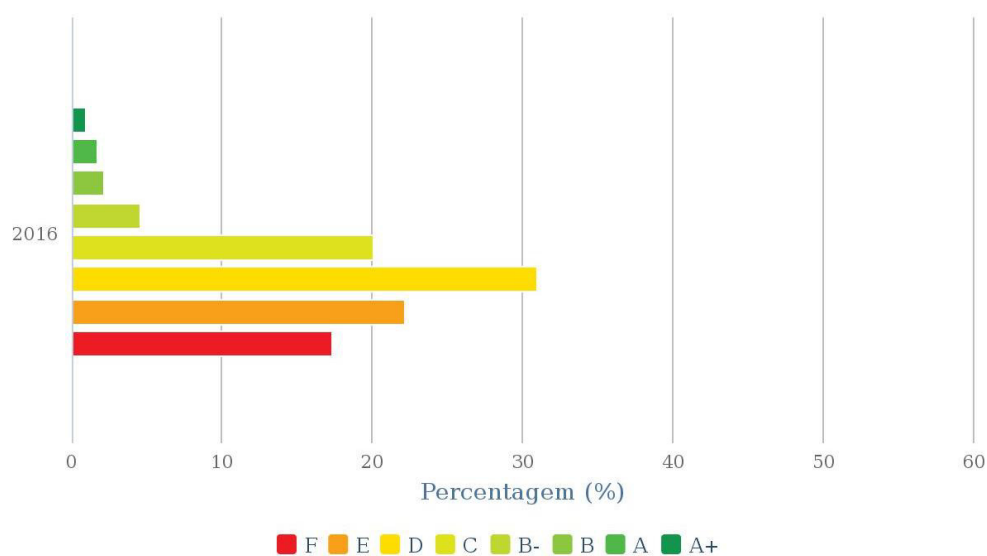


Figura 5.15 - Desagregação percentual da classe energética dos imóveis de habitação tendo por base os requisitos de 2016
 Fonte: ADENE, 2016b

Conclui-se, deste modo, que os edifícios a necessitar de obras de reabilitação poderão não ser, apenas, os que apresentam sinais de degradação ou a necessitar de pequenas ou de grandes intervenções, pois grande parte dos edifícios anteriores a 1990, precedentes à entrada em vigor do primeiro RCCTE, não apresentam níveis de conforto térmico adequados aos padrões de baixo consumo energético inerentes ao Desenvolvimento Sustentável.

6. Modelo de análise do desempenho energético e avaliação da sustentabilidade

6.1 Introdução ao modelo proposto

O modelo desenvolvido, criado com base na folha de cálculo disponibilizada na cadeira de Edificações e da autoria do Professor Doutor Daniel Aelenei (Aelenei, 2014), tem como objectivo a análise do desempenho térmico e energético e a avaliação da sustentabilidade de fracções autónomas, em intervenções de reabilitação. Para a análise do desempenho térmico e energético, este modelo foi estruturado de modo a cumprir a regulamentação em vigor, seguindo as directrizes do REH estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 que define os requisitos mínimos, parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético dos edifícios novos ou sujeitos a intervenção. Para além do REH, utilizou-se o Despacho n.º15793 - D, F, H, I, K – 2013 e a Portaria n.º 349-B/2013, aprovados pelo Decreto-Lei n.º118/2013, que caracterizam diversos parâmetros climáticos e de exigências térmicas para as diferentes localizações no País. Relativamente à avaliação da sustentabilidade, foram seguidos alguns critérios constantes nos sistemas de avaliação de certificação de desempenho ambiental, com especial incidência para o sistema de avaliação português LiderA.

Por um lado, pretende-se com este modelo analisar, em simultâneo, o desempenho energético de múltiplas soluções de intervenção no edificado, permitindo, deste modo, ir ao encontro das melhores soluções construtivas para a intervenção, isto é, o conjunto de soluções que apresentam as menores necessidades energéticas. Por outro, pretende-se, também, partindo do desempenho térmico e energético e adicionando ao modelo certos parâmetros, relativos às dimensões da sustentabilidade, a avaliação da sustentabilidade da intervenção.

Deste modo, a primeira característica a salientar deste modelo, é a possibilidade de análise e avaliação de vários conjuntos de soluções em simultâneo, facilitando a comparação e a identificação dos ganhos e perdas relativas aos vários parâmetros, em análise, do desempenho térmico e energético e, por último, a avaliação da sustentabilidade dos vários conjuntos de soluções (figura 6.1).

Esta abordagem, de análise de várias soluções em simultâneo, facilita a percepção da influência de cada solução preconizada nos respectivos parâmetros de cálculo do desempenho térmico e do desempenho energético, e, permite ainda, um ajuste na escala da avaliação da sustentabilidade, em termos de valor médio dos vários parâmetros em análise, relativo à solução existente. Isto é, nos parâmetros de desempenho térmico e desempenho energético, que se encontram interligados com os parâmetros para a avaliação da sustentabilidade, o modelo, assume como valor médio da respectiva avaliação, o valor correspondente à da solução existente. Esta característica, tem como objectivo, enquadrar a avaliação da sustentabilidade em intervenções de reabilitação, valorizando ou penalizando, as soluções, de acordo com a situação existente.

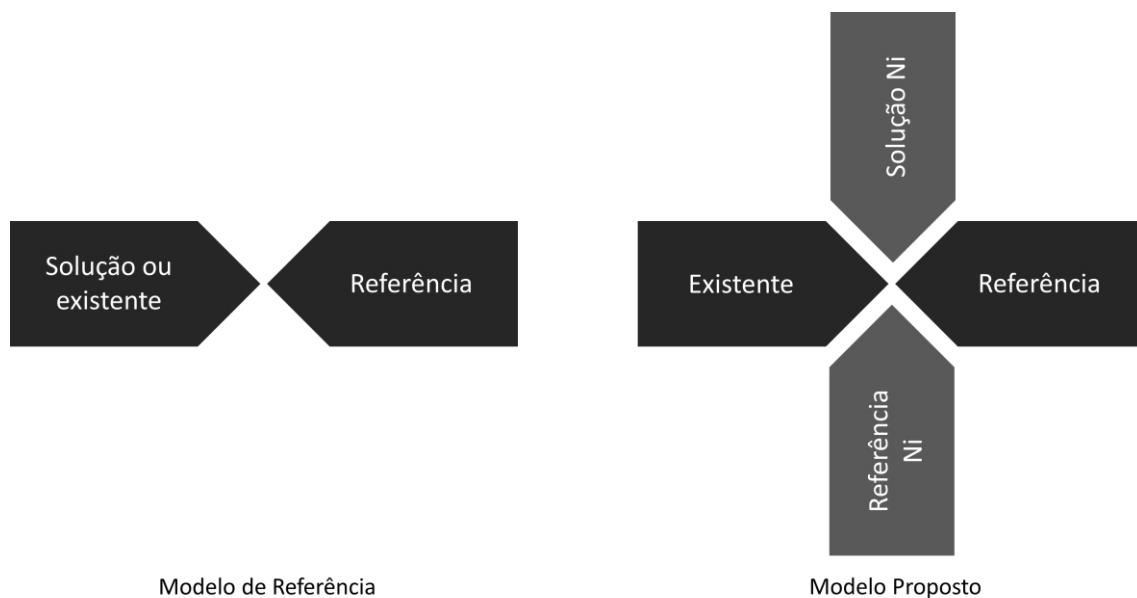


Figura 6.1 - Modelo de referência (à esquerda) e modelo proposto (à direita)

Relativamente à metodologia de cálculo do desempenho energético da fracção autónoma, como esta é realizada consoante a legislação em vigor e tendo, também, já sido brevemente abordada atrás, os parâmetros de cálculo correspondentes serão sujeitos a análise neste trabalho, apenas, quando se considerarem relevantes para a análise do desempenho térmico e energético e da avaliação da sustentabilidade, na descrição do modelo ou na apresentação de resultados do caso de estudo.

O desenvolvimento do modelo foi realizado em EXCEL e as diversas fases de parametrização e cálculo encontram-se dispostas por várias folhas (figura 6.2).

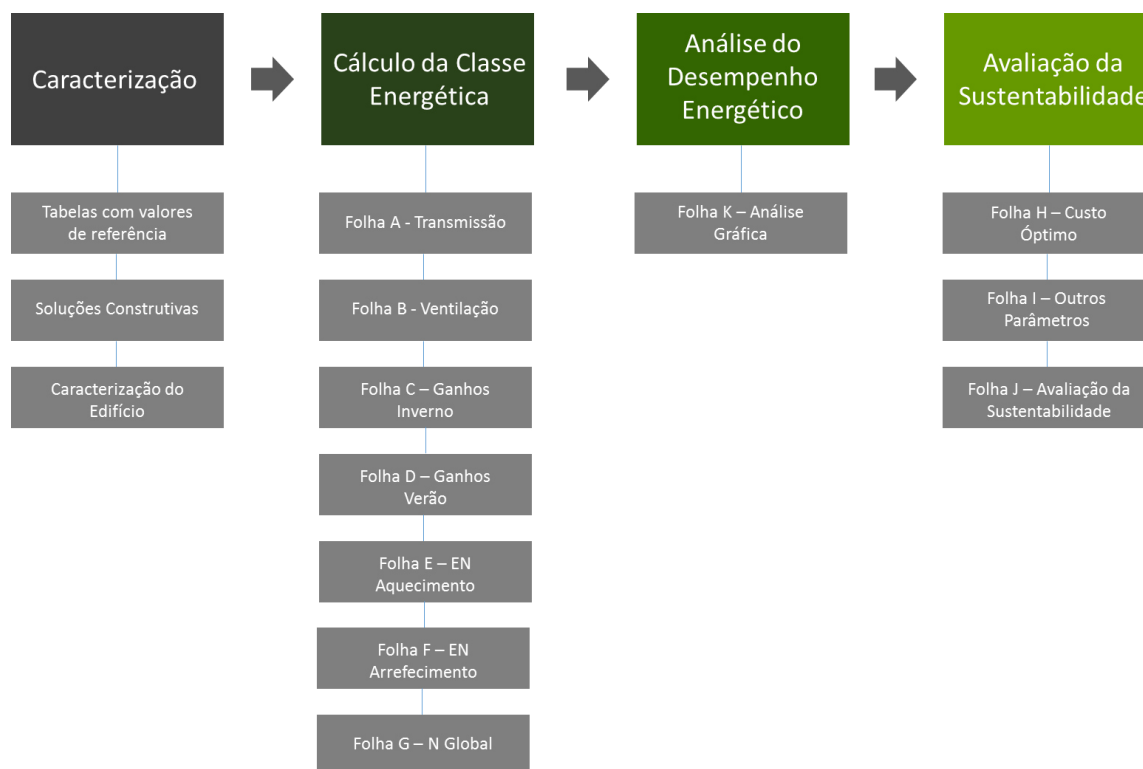


Figura 6.2 - Disposição do modelo de cálculo

6.2 Caracterização do modelo

6.2.1 Análise do desempenho térmico e energético

A análise de desempenho térmico e energético é realizada através da interpretação gráfica dos seguintes parâmetros, para as respectivas soluções:

- Transmissão de calor pela envolvente exterior – permite identificar a contribuição de cada elemento, desta envolvente, para a transmissão de calor, de cada solução.
- Transmissão de calor pela envolvente interior – permite identificar a contribuição de cada elemento, desta envolvente, para a transmissão de calor de cada solução.
- Transmissão de calor por ventilação – quantifica a transmissão de calor pela renovação do ar interior, para cada solução.
- Ganhos solares pelos envidraçados – quantifica a contribuição dos vãos envidraçados da envolvente para os ganhos térmicos solares, para a estação de aquecimento e para a estação de arrefecimento, para cada solução.
- Ganhos térmicos brutos – quantifica os ganhos térmicos brutos, para ambas as estações, em cada solução.
- Necessidades nominais anuais de energia útil – quantifica estas necessidades energéticas, para ambas as estações, e são comparadas relativamente aos correspondentes valores de referência, para cada solução.
- Necessidades nominais anuais de energia primária – quantifica estas necessidades energéticas e são comparadas relativamente aos correspondentes valores de referência para cada solução.

Os gráficos correspondentes são executados automaticamente pelo modelo e encontram-se na folha K – Análise (ANEXO I – Modelo, pág. 160).

6.2.2 Avaliação da sustentabilidade

A avaliação da sustentabilidade é realizada através de sete vertentes, a vertente económica, a integração local e valorização ecológica, os recursos, o conforto térmico, a iluminação, a gestão sustentável e a energia. Por sua vez, às vertentes estão associados um determinado conjunto de critérios, 14 no total (figura 6.3). Aos critérios estão associados diversos parâmetros, resultantes da análise do desempenho térmico e energético e de um conjunto de parâmetros adicionais, que permitem a avaliação das restantes vertentes, as quais não estão, directamente, relacionadas com o conforto térmico e necessidades energéticas de uma fracção autónoma.

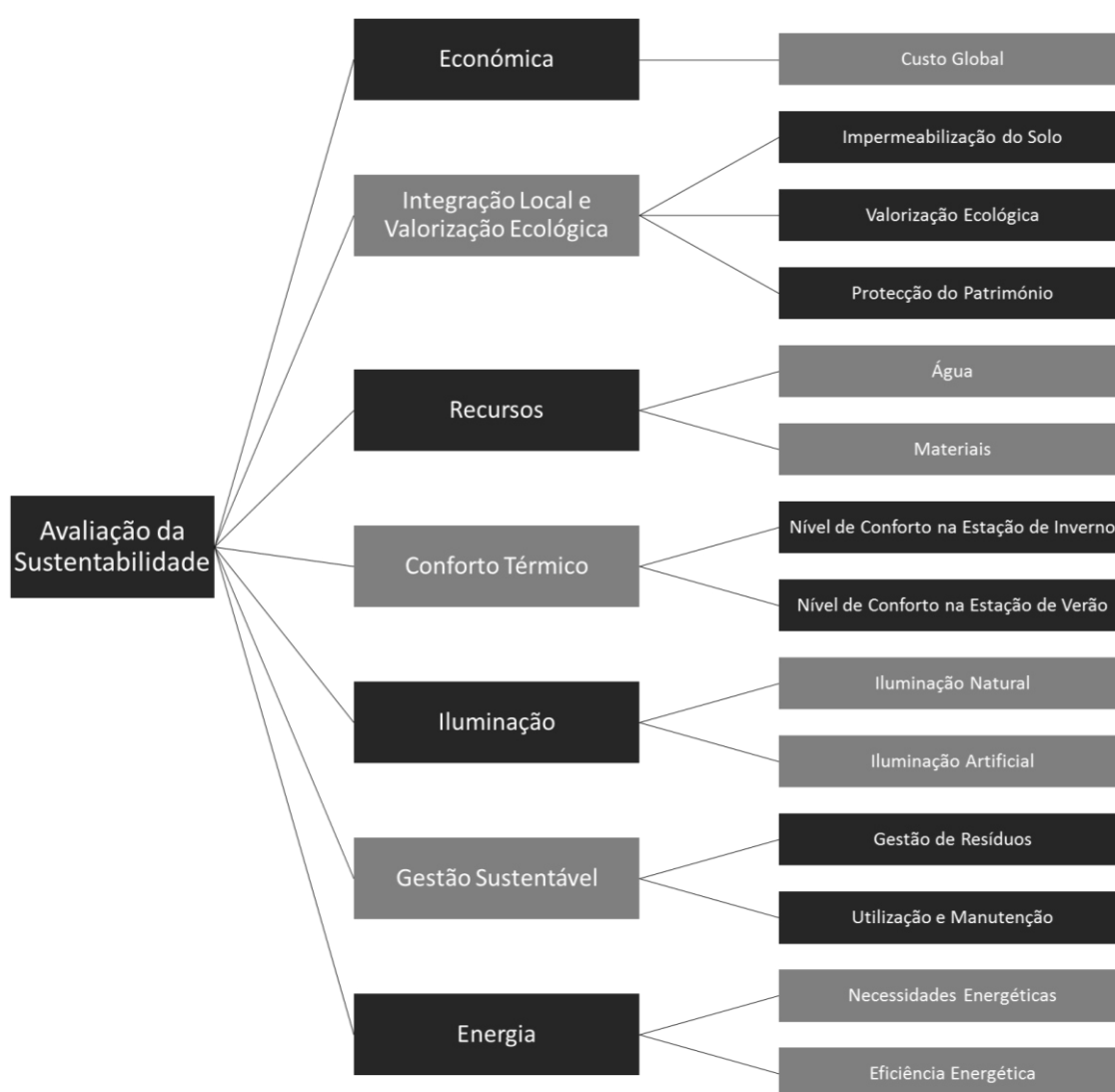


Figura 6.3 -Vertentes em análise na avaliação da sustentabilidade e critérios associados

Relativamente à classificação, cada critério é classificado consoante os parâmetros associados numa escala de 0 a 10, em que 0 é a nota mínima e 10 é a nota máxima. Por

sua vez, a classificação de cada vertente é obtida através da ponderação da classificação dos critérios associados e, por conseguinte, a classificação final é obtida através da ponderação da classificação das sete vertentes, em análise.

A metodologia de avaliação de cada vertente relativamente aos seus critérios e parâmetros analisados, é apresentada de seguida.

a) Vertente económica

O critério associado à vertente económica, assim como a sua metodologia de avaliação e classificação, é apresentado na tabela 6.1 (Os critérios e parâmetros associados encontram-se no Anexo I – Modelo, folha H e J, pág. 170-174).

Tabela 6.1 - Critérios de avaliação da vertente económica		
Vertente económica (V1)		
Critério	Objectivo	Classificação do critério
Custo global (CR1)	Quantificar os custos energéticos ao longo do ciclo de vida útil do edifício, derivados das necessidades nominais anuais de energia primária, face aos custos totais de implementação da solução.	A classificação é obtida pela comparação do custo global de cada solução com o custo global da solução existente, representando esta o valor intermédio da escala.
Classificação final		
$V1 = CR1 \times 1$		

O custo global (C_g) é obtido de acordo com a seguinte equação (2):

$$C_g = \frac{C_i}{A_p} + \sum_{i=1}^{30} (C_{a,i} \times R_{d,i}) \quad (2)$$

Onde:

C_g – Custo global da solução (€/m²)

C_i – Custo de investimento inicial – custo de implementação da melhoria (€)

$C_{a,i}$ – Custo de energia anual durante o ano i (€/m²)

$R_{d,i}$ – Factor de desconto para o ano i

A_p – Área útil de pavimento (m²)

Como o factor de desconto foi considerado sempre constante ($R_{d,i} = 0,31$), a expressão inicial pode ser simplificada para (equação 3):

$$Cg = \frac{C_i}{A_p} + 30 \times 0,31 \times C_{a,i} \quad (3)$$

Para o custo de energia anual ($C_{a,i}$) (equação 4) foram consideradas todas as formas de energia primária, contabilizadas nas necessidades nominais globais de energia primária (menos a energia primária necessária para ventilação mecânica, pois nenhuma solução apresentou este tipo de sistema), assim:

(4)

$$C_{a,i} = N_{aquec} \times \epsilon_{ener} + N_{arref} \times \epsilon_{ener} + N_{AQS} \times \epsilon_{ener} - N_{er} \times \epsilon_{ener}$$

Onde:

N_{aquec} – Energia primária para aquecimento (kWhep/m².ano)

N_{arref} – Energia primária para arrefecimento (kWhep/m².ano)

N_{AQS} – Energia primária para preparação de águas quentes sanitárias (kWhep/m².ano)

N_{er} – Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável (kWhep/m².ano)

ϵ_{ener} – consoante o tipo de sistema activo - $\epsilon_{gás} = 0,09$; $\epsilon_{electr.} = 0,14$

b) Vertente de integração local e de valorização ecológica

Os critérios associados à vertente de integração local e de valorização ecológica, assim como a sua metodologia de avaliação e classificação, são referidos na tabela 6.2 (Os critérios e parâmetros associados encontram-se no Anexo I – Modelo, folha I e J, pág. 171-174).

Tabela 6.2 - Critérios de avaliação da vertente de integração local e de valorização ecológica

Vertente de integração local e de valorização ecológica (V2)		
Critério	Objectivo	Classificação do Critério
Impermeabilização do solo (CR2)	Avaliar a ocupação do solo relativamente à sua área permeável.	A classificação é obtida pela comparação da área de solo permeável na solução de referência, sendo o valor máximo de 10 valores, com as áreas de solo permeável das restantes soluções.
Valorização ecológica (CR3)	Avaliar a utilização das áreas permeáveis em função da existência de espaços verdes de lazer e produção de alimentos.	Se a área permeável é composta por espaços verdes de lazer e produção alimentar obtém-se a pontuação máxima (10 valores).
		Se a área permeável é composta, por espaços verdes de lazer ou por espaços destinados à produção alimentar obtém-se a pontuação intermédia (5 valores).
		Se a área permeável não compreende espaços verdes obtém-se a pontuação nula (0 valores).
Protecção do património (CR4)	Avalia a preservação e manutenção dos estilos arquitectónicos existentes e semelhantes à envolvente local.	Se a preservação for total obtém-se a classificação máxima (10 valores).
		Se a preservação for parcial obtém-se a classificação intermédia (5 valores).
		Se não for demonstrada qualquer intenção na sua preservação, a sua classificação é nula (0 valores).
Classificação final (V2)		
$V2 = CR2 \times 0,4 + CR3 \times 0,3 + CR4 \times 0,3$		

c) Vertente de recursos

Os critérios associados à vertente de recursos, assim como a sua metodologia de avaliação e classificação, estão mencionados na tabela 6.3 (Os critérios e parâmetros associados encontram-se no Anexo I – Modelo, folha I e J, pág. 171-174).

Tabela 6.3 - Critérios de avaliação da vertente de recursos

Vertente de recursos (V3)		
Critério	Objectivo	Classificação do Critério
Água (CR5)	<p>Avaliar o consumo e gestão racional de água através dos seguintes parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - As tubagens de água quente possuem isolamento térmico com espessura regulamentar (P3). - As torneiras dispõem de dispositivos para poupança de água (P4). - Existência de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (P5). 	<p>Caso se confirme a premissa de cada parâmetro é obtida a classificação máxima (10 valores), em caso contrário obtém-se a classificação nula (0 valores).</p> <p>A classificação final deste critério é dada por:</p> $0,2 \times P3 + 0,4 \times P4 + 0,4 \times P5$
Materialis (CR6)	<p>Avaliar o impacte ambiental dos materiais utilizados nas soluções construtivas adoptadas através dos seguintes parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A origem dos materiais, se são ou não materiais locais (P9); - Se são materiais de baixa energia incorporada (P10). 	<p>A avaliação de cada parâmetro é percentual, correspondendo deste modo cada ponto percentual a uma décima de valor.</p> <p>A classificação final deste critério é dada por:</p> $0,4 \times P9 + 0,6 \times P10$
Classificação final		
$V3 = CR5 \times 0,5 + CR6 \times 0,5$		

d) Vertente de conforto térmico

Os critérios associados à vertente de conforto térmico, assim como a sua metodologia de avaliação e classificação, estão referidos na tabela 6.4 (Os critérios e parâmetros associados encontram-se no Anexo I – Modelo, folha I e J, pág. 171-174).

Tabela 6.4 - Critérios de avaliação da vertente de conforto térmico		
Vertente de conforto térmico (V4)		
Critério	Objectivo	Classificação do Critério
Nível de conforto na estação de Inverno (CR7)	Avaliar o nível de conforto térmico relacionando as necessidades nominais anuais de energia para a estação de aquecimento de cada solução.	A classificação deste critério é realizada através da comparação do valor de cada solução em relação ao valor da solução existente, sendo este o valor intermédio (5 valores).
Nível de conforto na estação de Verão (CR8)	Avaliar o nível de conforto térmico relacionando as necessidades nominais anuais de energia para a estação de arrefecimento de cada solução.	A classificação deste critério é realizada através da comparação do valor de cada solução em relação ao valor da solução existente, sendo este o valor intermédio (5 valores)
Classificação final		
$V4 = CR7 \times 0,5 + CR8 \times 0,5$		

e) Vertente de iluminação

Os critérios associados à vertente de iluminação, assim como a sua metodologia de avaliação e classificação, estão referenciados na tabela 6.5 (Os critérios e parâmetros associados encontram-se no Anexo I – Modelo, folha I e J, pág. 171-174).

Tabela 6.5 - Critérios de avaliação da vertente de iluminação

Vertente de iluminação (V5)		
Critério	Objectivo	Classificação do Critério
Iluminação natural (CR9)	Avaliar a existência de iluminação natural em todas as divisões da fracção excepto I.S. e espaços não úteis.	Caso se confirme a premissa é obtida a classificação máxima (10 valores), em caso contrário obtém-se a classificação nula (0 valores).
Iluminação artificial (CR10)	Avaliar a iluminação artificial relativamente ao uso de lâmpadas de baixo consumo energético.	A avaliação deste parâmetro é percentual, deste modo cada ponto percentual corresponde a uma décima de valor.
Classificação final		
$V5 = CR9 \times 0,7 + CR10 \times 0,3$		

f) Vertente de gestão sustentável

Os critérios associados à vertente de gestão sustentável, assim como a sua metodologia de avaliação e classificação, são citados na tabela 6.6 (Os critérios e parâmetros associados encontram-se no Anexo I – Modelo, folha I e J, pág. 171-174).

Tabela 6.6 - Critérios de avaliação da vertente de gestão sustentável

Vertente de gestão sustentável (V6)		
Critério	Objectivo	Classificação do Critério
Gestão de resíduos (CR11)	Avaliar a gestão de resíduos domésticos, relativamente à existência de locais destinados à separação selectiva dos mesmos.	Caso se confirme a premissa é obtida a classificação máxima (10 valores), em caso contrário obtém-se a classificação nula (0 valores).
Utilização e manutenção (CR12)	Avaliar a manutenção e uso sustentável do ambiente construído através dos seguintes parâmetros: - Existência de um plano de manutenção (P11). - Existência de um manual de boas práticas do utilizador para o uso eficiente de todos os sistemas que compõem o edifício (P12).	Caso se confirme a premissa de cada parâmetro é obtida a classificação máxima (10 valores), em caso contrário obtém-se a classificação nula (0 valores). A classificação final deste critério é dada por: $0,5 \times P11 + 0,5 \times P12$
Classificação final		
$V6 = CR11 \times 0,4 + CR12 \times 0,6$		

g) Vertente de energia

Os critérios associados à vertente de energia, assim como a sua metodologia de avaliação e classificação, estão discriminados na tabela 6.7 (Os critérios e parâmetros associados encontram-se no Anexo I – Modelo, folha I e J, pág. 171-174).

Tabela 6.7 - Critérios de avaliação da vertente de energia

Vertente de energia (V7)		
Critério	Objectivo	Classificação do Critério
Necessidades energéticas (CR13)	Avaliar as necessidades energéticas de cada solução através das necessidades anuais globais de energia primária.	A classificação deste critério é realizada através da comparação do valor obtido, para cada solução, em relação ao valor da solução existente, sendo este o valor intermédio (5 valores)
Eficiência energética (CR14)	Atribuir uma classificação relativamente à classe energética obtida em cada solução	A classificação tem uma escala de 0 a 10, em que o valor máximo corresponde à classe energética A+ e o valor mínimo (nulo) corresponde à classe energética F
Classificação final		
$V7 = CR13 \times 0,5 + CR14 \times 0,5$		

Classificação final

A classificação final (Cf) de cada solução é obtida através da seguinte ponderação da classificação das vertentes (equação 5).

(5)

$$Cf = V1 \times 0,1 + V2 \times 0,25 + V3 \times 0,1 + V4 \times 0,25 + V5 \times 0,1 + V6 \times 0,1 + V7 \times 0,1$$

À classificação quantitativa é associada uma classe de expressão qualitativa, bastante semelhante à certificação BREEAM, conforme se apresenta na tabela 6.8.

Tabela 6.8 – Classificação de desempenho do Modelo

Classificação Final	Classe
>8,5	Excepcional
>7,0	Excelente
>6	Muito bom
>5	Bom
>4	Certificado
<4	Não certificado

6.2.3 Considerações complementares

Dos 21 parâmetros necessários para a classificação das vertentes na avaliação da sustentabilidade, 10 (48%) são retirados, directamente, dos parâmetros necessários para o cálculo da classe energética da fracção autónoma, sendo os restantes 11 (52%) parâmetros adicionais. Este facto demonstra a possibilidade de uma interligação mais directa entre a avaliação do desempenho energético e a avaliação da sustentabilidade.

Os critérios utilizados relacionam-se com os do sistema de avaliação e certificação ambiental português LiderA, embora a sua contribuição ou ponderação para a classificação final seja distinta. No modelo desenvolvido, sobretudo na componente térmica e energética, e sempre que possível, foi considerada uma relação entre as soluções preconizadas e a solução existente, colocando os valores dos parâmetros da solução existente como os de referência, sendo na maioria dos casos o valor intermédio. Esta

medida tem como objectivo escalonar o modelo em termos classificativos para obras de Reabilitação Urbana, ou seja, a escala adapta-se às condições existentes, permitindo, também, a sua bonificação, quando existe uma melhoria de determinado parâmetro, em relação ao existente e vice-versa. Relativamente às ponderações consideradas, tentou-se, sempre que possível, valorizar o desenho passivo da fracção autónoma, em detrimento dos sistemas de produção energética. Este facto tem especial incidência na ponderação de 0,25 na vertente conforto térmico face à ponderação de 0,1 na vertente da eficiência energética.

Salienta-se, ainda, a exclusão de uma vertente relacionada com o conforto acústico, pois embora se considere relevante a sua inclusão num sistema de avaliação de sustentabilidade, considerou-se que, sem o cálculo regulamentar do comportamento acústico da fracção, esta extravasa o âmbito deste trabalho, tornando subjectiva a classificação desta vertente.

Por último, e indo ao encontro do que foi referido anteriormente, as vertentes com maior peso nesta avaliação são; a vertente de integração local e de valorização ecológica e a do conforto térmico, pois considera-se fulcral o uso sustentável do solo e o desenho passivo das fracções. A figura 6.4 apresenta a contribuição de cada vertente para a classificação final.

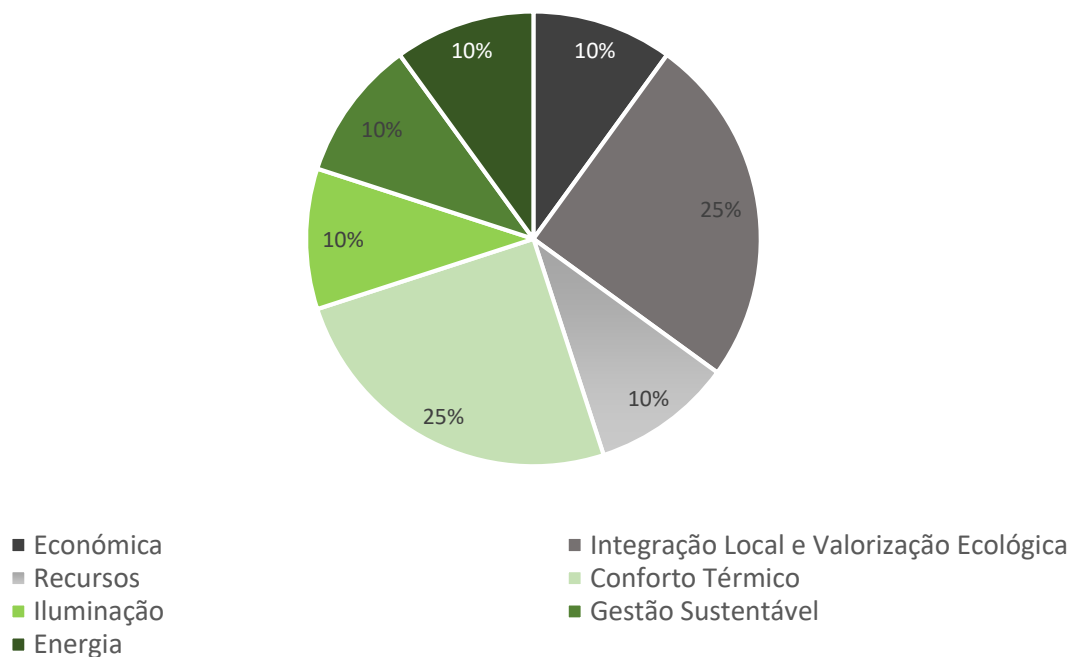


Figura 6.4 Contribuição de cada vertente para a avaliação da sustentabilidade

7. Caso de estudo

7.1 Caracterização da fracção autónoma

A fracção autónoma, em estudo, é uma moradia geminada localizada na Rua dos Margiochis nº17, bairro de Caselas, pertencente à freguesia de São Francisco Xavier, distrito de Lisboa, a 73 metros de altitude (figura 7.1). A moradia insere-se num antigo bairro social, construído nos meados dos anos 50 do século passado, data de construção da mesma, e estando envolvida por edifícios de cêrceas idênticas. A moradia tem uma área de implantação de 25m² inserida num terreno com uma área total de 132m².

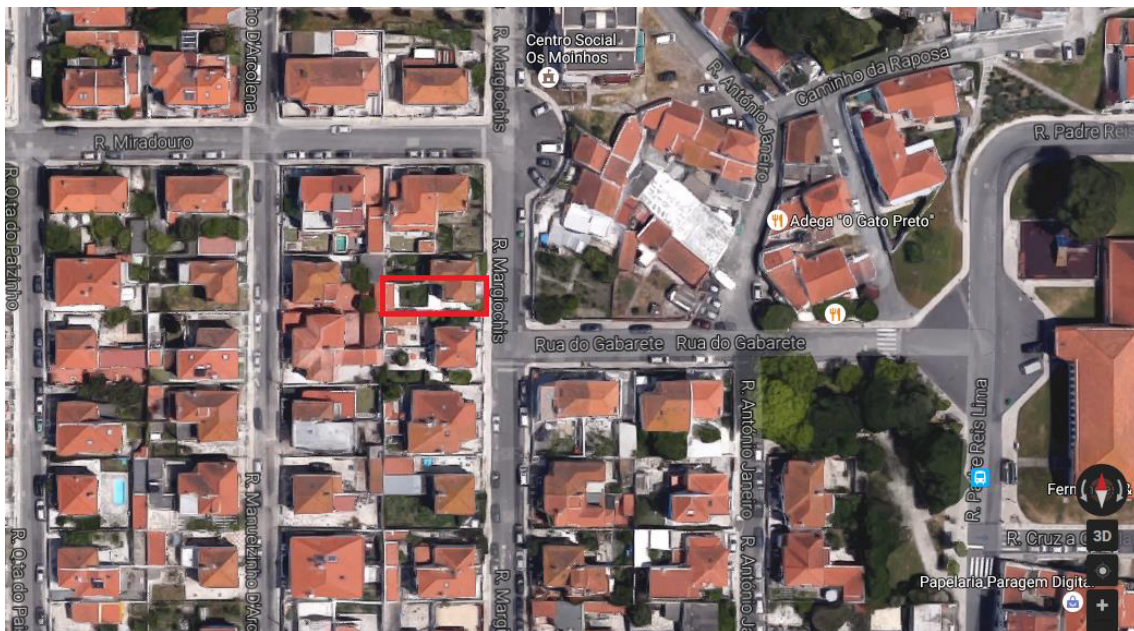


Figura 7.1 - Localização do edifício
Fonte: Google Maps, 2016

Antes da intervenção de reabilitação, o edifício desenvolvia-se ao longo de dois pisos elevados, apresentando uma tipologia T1. Após a sua reabilitação, onde se realizou um afundamento da caixa-de-ar, sob o piso térreo, para a construção de um piso semienterrado, o edifício passou a apresentar três pisos, um piso semienterrado e dois pisos elevados e uma tipologia T2. O piso semienterrado (cave) apresenta um pé direito de 2,10m e neste localiza-se a sala. No piso 0, com o acesso para o exterior, localiza-se um quarto e a cozinha. No piso 1, localiza-se um quarto e a instalação sanitária. Estes pisos elevados apresentam um pé direito de 2,60m. A cobertura, comum à moradia vizinha, é de seis águas, criando uma área de desvão ventilado não acessível. Este desvão

não existia na construção original e foi criado, aquando a intervenção com a colocação de isolamento térmico e um tecto falso em gesso cartonado, sob a estrutura de suporte do telhado em vigotas de madeira, criando um elemento de separação entre uma área aquecida e o desvão ventilado. Esta intervenção manteve os traços arquitectónicos originais, tendo sido realizadas três aberturas para a colocação de vãos envidraçados para iluminação natural do piso semienterrado, não se alterando a sua área de implantação. No logradouro, junto ao muro a poente que delimita o limite de propriedade, foi erguido um anexo para arrumos, diminuindo a área de solo permeável. As figuras 7.2 e 7.3 mostram a situação actual do edifício.



Figura 7.2 - Alçado nascente (à esquerda) e alçado poente (à direita)



Figura 7.3 - Logradouro (à esquerda) e o anexo (à direita)

As plantas e os alçados do edifício encontram-se em anexo (ANEXO II – Peças desenhadas, pág. 175).

7.2 Caracterização das soluções construtivas

Para o estudo realizado foram consideradas três soluções:

- Solução N0 – esta solução corresponde à situação do edifício anterior à intervenção de reabilitação, correspondendo à situação de referência ou existente para o modelo de cálculo.
- Solução N1 – solução corresponde à intervenção realizada e actual situação do edifício.
- Solução N2 – solução que parte da situação actual (Solução N1) em que é considerado um reforço do isolamento das paredes exteriores e dos elementos opacos horizontais (laje térrea e laje de esteira), assim como a protecção dos vãos envidraçados através de portadas metálicas pelo exterior.

Nas tabelas 7.1, 7.2 e 7.3 apresentam-se as soluções construtivas adoptadas para as soluções.

Tabela 7.1 - Soluções construtivas adoptadas para os elementos opacos verticais da envolvente

Elementos opacos verticais			
Designação	Descrição	U [W/m ² .°C]	Solução
P1_EXT	Parede exterior em alvenaria de pedra com espessura de 45cm e com revestimento exterior em reboco e tinta de areia	2,9	N0 e N1
P2_EXT	Parede exterior dupla com 30cm em blocos de cimento com caixa-de-ar e revestimento exterior em reboco e tinta de areia	1,4	N0 e N1
P3_CAVE	Parede de alvenaria de pedra com 45cm de espessura, revestida interiormente em placa de gesso cartonado (pladur) com caixa-de-ar- de 5cm	1,9	N0, N1 e N2
P4_Meeira	Parede dupla em blocos de cimento com caixa-de-ar	1,9	N0, N1 e N2
P5_EXT	Parede exterior em alvenaria de pedra com espessura de 45cm com revestimento contínuo sobre o isolante (solução por External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) com espuma de poliestireno extrudido (XPS) de 7cm)	0,45	N2
P6_EXT	Parede exterior dupla em blocos de cimento com caixa-de-ar e com revestimento contínuo sobre o isolante (solução por ETICS com XPS de 7cm)	0,41	N2
Porta	Porta exterior em madeira maciça	3,1	N0, N1 e N2

Tabela 7.2 - Soluções construtivas adoptadas para os elementos opacos horizontais da envolvente

Elementos opacos horizontais			
Designação	Descrição	U [W/m ² .°C]	Solução
L1_Esteira	Laje de esteira revestida, inferiormente, em gesso cartonado, com isolamento térmico XPS de 4cm (Roofmate) e caixa-de-ar de 5cm sob a estrutura de suporte em madeira do telhado	0,8	N1
L2_Térreo	Laje com uma espessura de 20cm em betão não armado e revestimento do piso em ladrilho cerâmico	2,9	N1
L3_Piso 0	Laje aligeirada em blocos cerâmicos sobre uma estrutura de suporte de madeira	2,1	N0
Cobertura	Cobertura inclinada leve em telha de marselha assente numa estrutura de madeira	3,8	N0
L5_Esteira	Laje de esteira revestida, inferiormente, em gesso cartonado com isolamento térmico XPS de 8cm (Roofmate) e caixa-de-ar de 5 cm sob a estrutura de suporte em madeira do telhado	0,46	N2
L_6 Térreo	Laje térrea em betão não armado de 20cm com isolamento de XPS de 8cm e revestimento do piso em ladrilho cerâmico	0,42	N2

Tabela 7.3 - Soluções construtivas adoptadas para os vãos envidraçados da envolvente

Vãos envidraçados			
Designação	Descrição	U [W/m ² .°C]	Solução
ENV_1	Vidro simples genérico incolor 4mmm	5,3	N0
ENV_2	Vidro Duplo SGG Climatic Plus	1,2	N1 e N2

Os valores considerados para os U foram retirados do ITE 50 (Santos & Matias, 2006), excepto nos elementos onde foi adicionado isolamento térmico. Para estes o correspondente valor de U foi calculado segundo a equação 1, e para o vidro duplo o seu valor foi retirado, directamente, do fabricante (Saint-Gobain Glass Portugal, 2016). Estes valores, assim como os restantes parâmetros climáticos e dos sistemas de transformação de energia considerados, encontram-se no modelo de cálculo (ANEXO I – Modelo, pág. 135).

7.3 Apresentação de resultados

7.3.1 Análise do comportamento térmico e energético

A análise do comportamento térmico e energético inicia-se pela observação da transmissão de calor pelas envolventes, exterior e interior, permitindo quantificar a contribuição dos elementos que as constituem e, deste modo, identificar as possíveis medidas correctivas. Nas figuras 7.4, 7.5 e 7.6 apresenta-se a contribuição, para cada solução, dos elementos que compõem a envolvente exterior para estas trocas de calor.

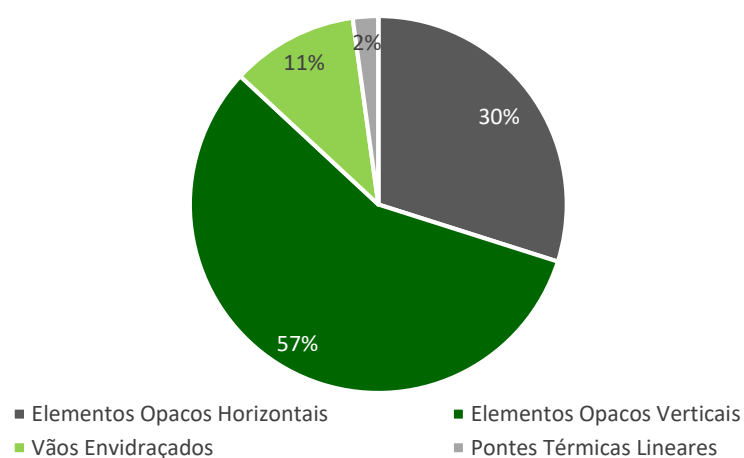


Figura 7.4 - Transmissão de calor pelos elementos constituintes da envolvente exterior - solução N0

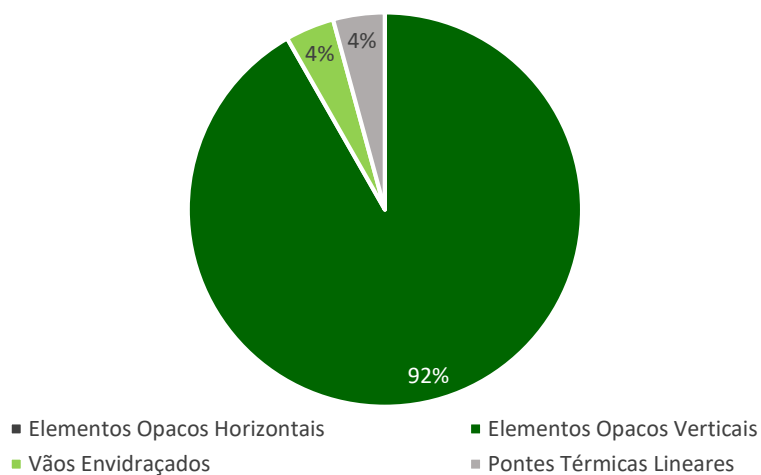


Figura 7.5 - Transmissão de calor pelos elementos constituintes da envolvente exterior - solução N1

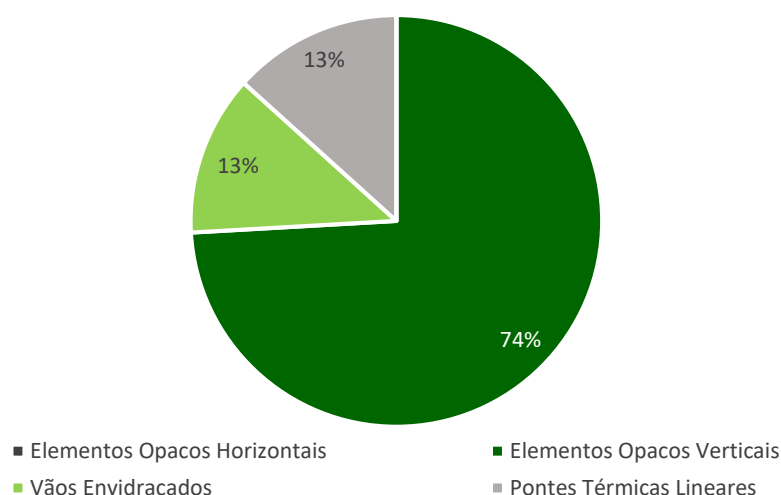


Figura 7.6 - - Transmissão de calor pelos elementos constituintes da envolvente exterior - solução N2

Pelas figuras 7.4, 7.5 e 7.6 é possível relacionar as alterações à envolvente, na intervenção de reabilitação, observando que da solução N0 para as restantes, deixa de existir a contribuição de elementos opacos horizontais para a transmissão de calor, por esta envolvente. Este facto reflecte a alteração introduzida pelo isolamento e introdução de tecto falso, sob o vigamento da cobertura, criando o desvão ventilado não acessível, permitindo, assim, que a cobertura inclinada deixasse de pertencer à envolvente em termos de cálculo. Por outro lado, constata-se, também a diferença registada na contribuição dos elementos opacos verticais entre a solução N1 e a solução N2, passando de uma contribuição de 92% para 74%. Esta diminuição deve-se ao facto da colocação de ETICS, ou seja, isolamento pelo exterior das paredes exteriores, na solução N2, baixando, globalmente, a transmissão de calor em relação à solução N1, originando aumento na contribuição dos restantes elementos na solução N2, pese embora os seus valores não se tenham alterado. Na figura 7.7 são apresentadas, para todas as soluções, os valores da transferência de calor por transmissão, pela envolvente exterior, onde é facilmente observável o que foi referido antes.

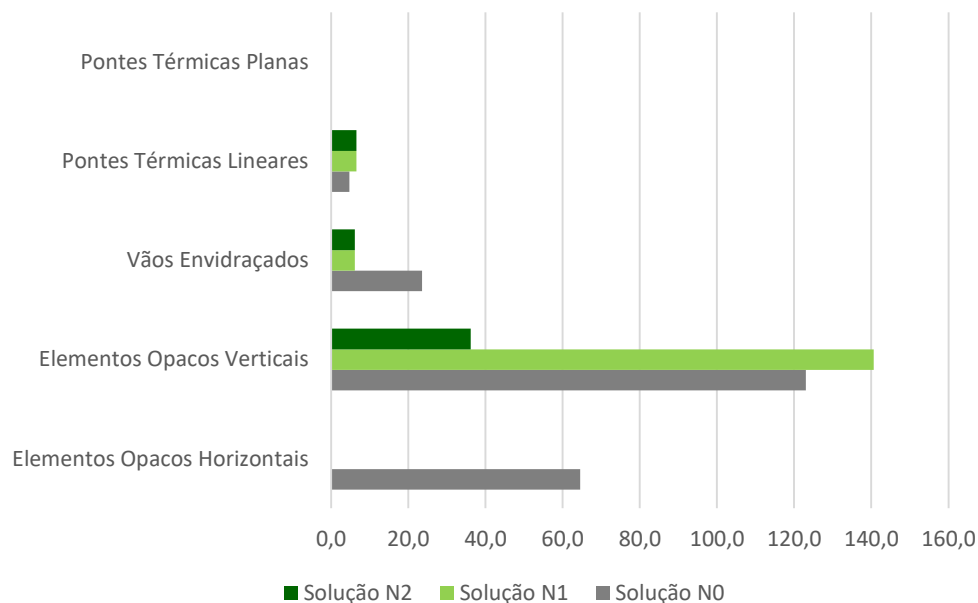


Figura 7.7 - Transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior [W/°C]

A mesma análise pode ser realizada para a envolvente interior, considerando-se nesta todos os elementos que separam as zonas interiores aquecidas de zonas não aquecidas, sendo, deste modo, contabilizadas (nesta envolvente) a transmissão de calor por elementos em contacto com o solo ou edifícios adjacentes. Na figura 7.8 estão representados, para todas as soluções, os valores da transferência de calor por transmissão pela envolvente interior.

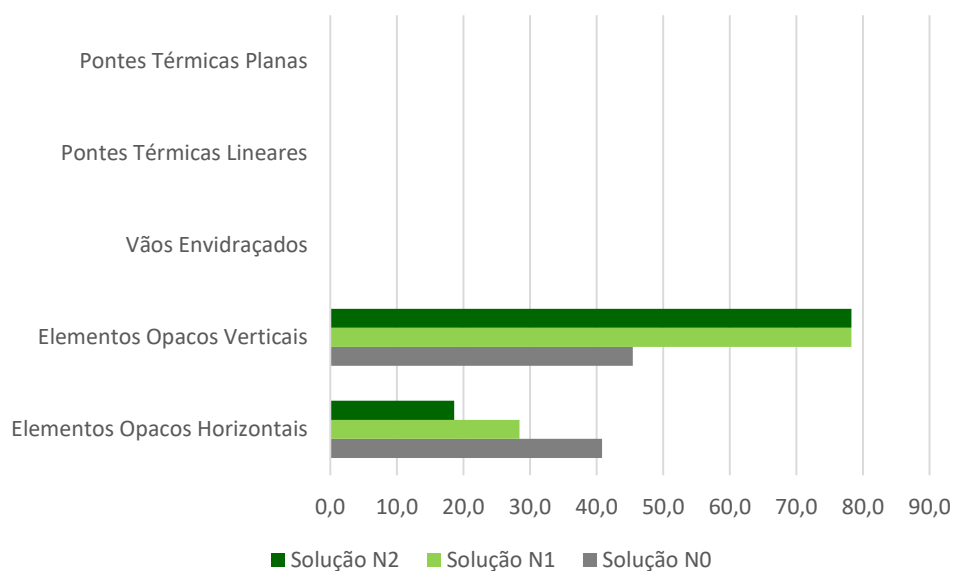


Figura 7.8 - Transferência de calor por transmissão pela envolvente interior [W/°C]

Agora, salienta-se, a influência na introdução de isolamento na laje do piso térreo da solução N2, traduzida pela diferença registada nos elementos opacos horizontais entre a solução N1 e a N2. Os gráficos respectivos para a contribuição de cada elemento em cada solução, conforme se apresentou para a envolvente exterior, encontram-se no ANEXO I – Modelo (pág. 160-169).

Como não foram introduzidas quaisquer medidas, em relação à ventilação, ao longo das soluções, apenas o aumento da área útil, com alteração do pé-direito médio, correspondente ao acréscimo de um piso (cave) registado entre a solução N0 e as restantes, irá provocar diferenças entre estas, conforme se mostra na figura 7.9.

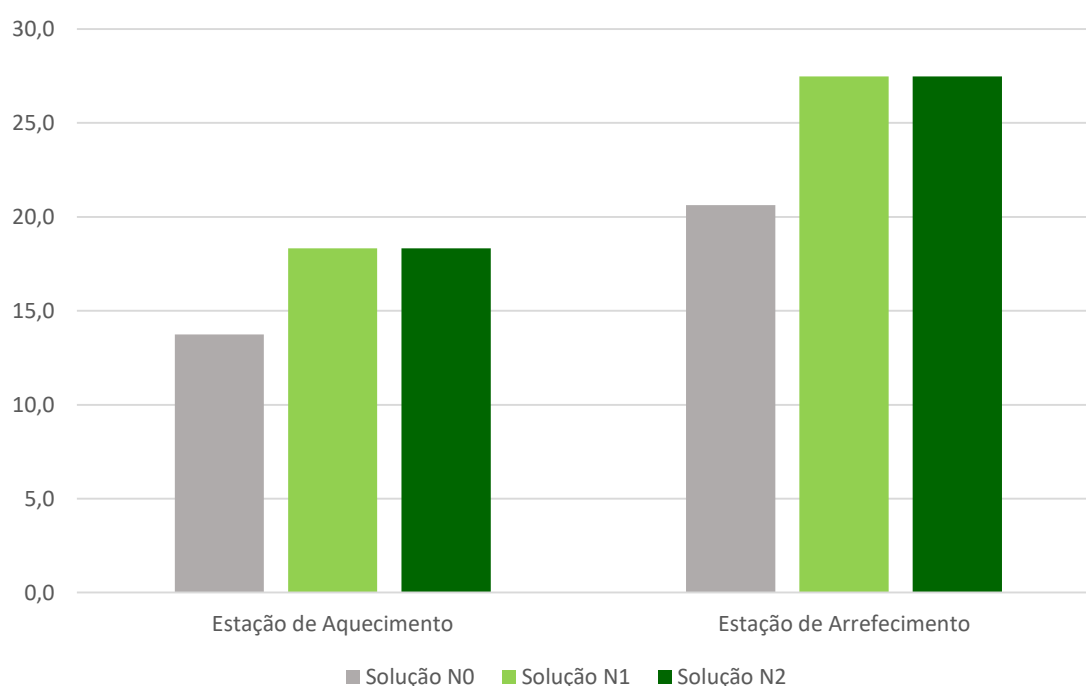


Figura 7.9 - Transferência de calor por ventilação [$W/^\circ C$]

Em relação aos ganhos solares pelos envidraçados, seria expectável que estes fossem maiores nas soluções N1 e N2, pois, à introdução de três novas áreas de envidraçados (nas paredes exteriores semienterradas a nascente e poente na intervenção de reabilitação), corresponderia uma maior área efectiva colectora. Como se pode observar na figura 7.10, tal não acontece.

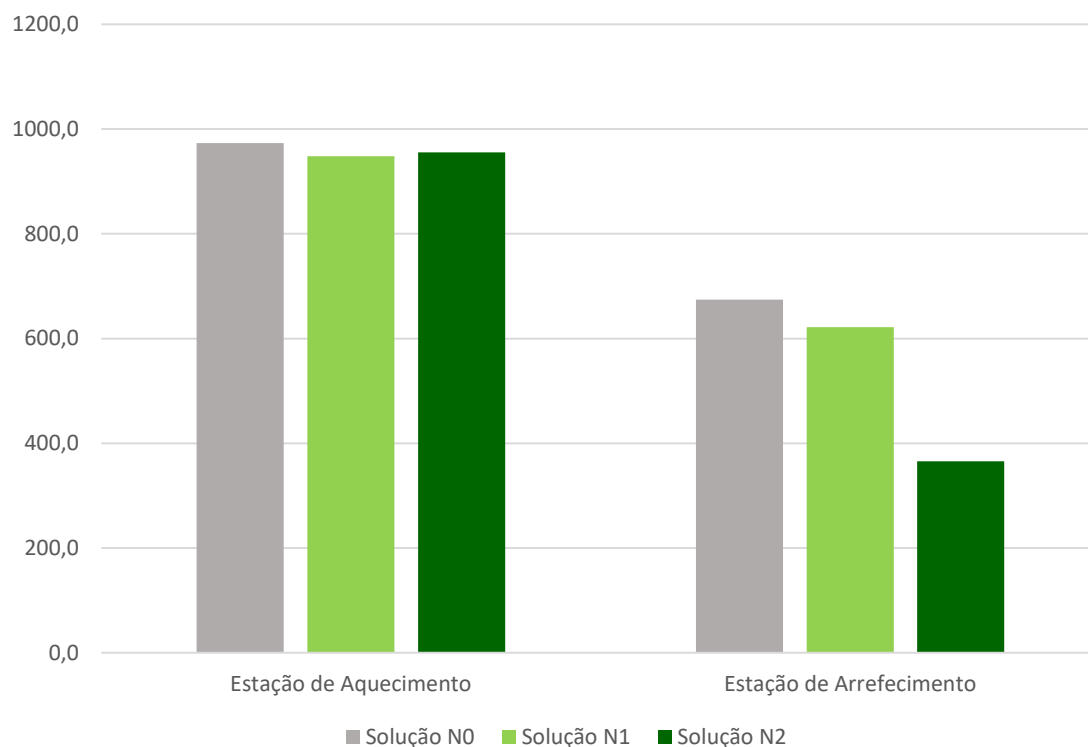


Figura 7.10 - Ganhos Solares pelos Envidraçados [kW/ano]

Este facto deve-se à transição de vidro simples para vidro duplo, da solução N0 para as restantes, que diminuiu a área efectiva colectora dos envidraçados, pois o factor solar é maior num vidro simples corrente do que num vidro duplo, pese embora a área de envidraçados tenha aumentado. Por outro lado, observa-se a diminuição destes ganhos entre a solução N1 e a N2 na estação de arrefecimento. Tal facto é devido à introdução de portadas exteriores de protecção nos vãos envidraçados na solução N2, diminuindo, deste modo, a área efectiva colectora e, por conseguinte, os ganhos solares nesta estação.

Em relação aos ganhos térmicos brutos, em ambas as estações, observa-se pela figura 7.11, aumento dos mesmos entre a solução N0 e as restantes. Este facto advém do aumento da área da envolvente exterior e, por conseguinte, aumento dos ganhos solares brutos pela envolvente exterior opaca (apenas na estação de Verão) e do aumento da área útil, provocando um aumento dos ganhos internos brutos (em ambas as estações).

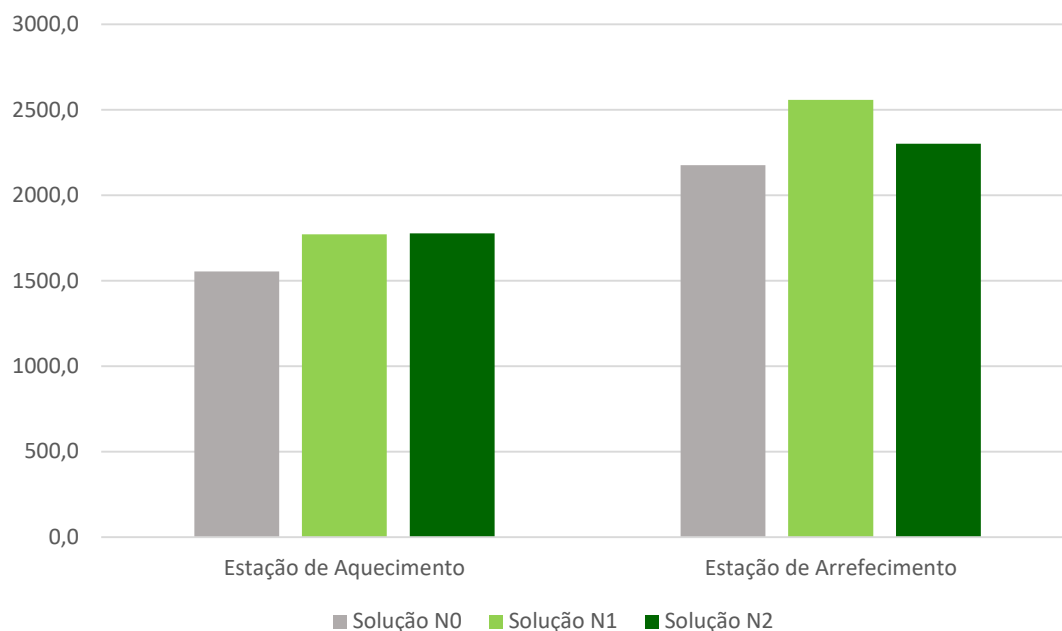


Figura 7.11 - Ganhos térmicos brutos [kWh/ano]

Por outro lado, a diferença dos ganhos térmicos para a estação de arrefecimento entre a solução N1 e N2, é derivada aos menores ganhos solares pelos envidraçados da solução N2.

Na figura 7.12 são apresentadas as necessidades nominais anuais de energia útil, de cálculo e de referência, para a estação de aquecimento.

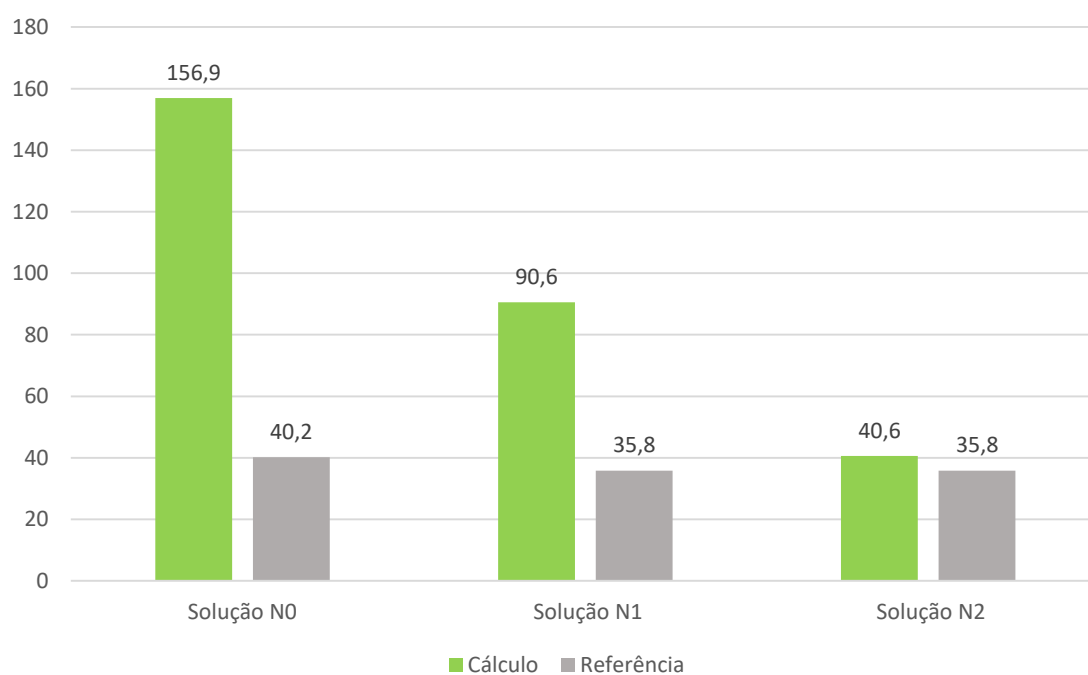


Figura 7.12 - Necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento [kWh/m2.ano]

Nesta estação, nenhuma solução verifica os requisitos mínimos térmicos, embora a solução N2 se encontre bastante próxima dos limites mínimos. Tal como expectável, dado o ano de construção do edifício e as exigências térmicas da legislação em vigor, a maior parte das soluções construtivas dos elementos das envolventes das respectivas soluções não apresentam U próximos dos de referência, isto é, não possuem isolamento térmico nos seus elementos da envolvente, ou a sua espessura não é suficiente ao mínimo exigível. Por esta razão, apenas a solução N2 encontra-se perto de passar estes requisitos, pois algumas medidas preconizadas para esta solução (colocação de isolamento nos elementos opacos das envolventes) permitiram que os elementos da envolvente apresentassem U próximos dos de referência.

Contudo, o melhoramento das necessidades de Inverno, registado na solução N2, não acompanha as necessidades de Verão, pelo contrário, nesta estação, a solução N2 vê agravada a sua situação face às restantes soluções (figura 7.13).

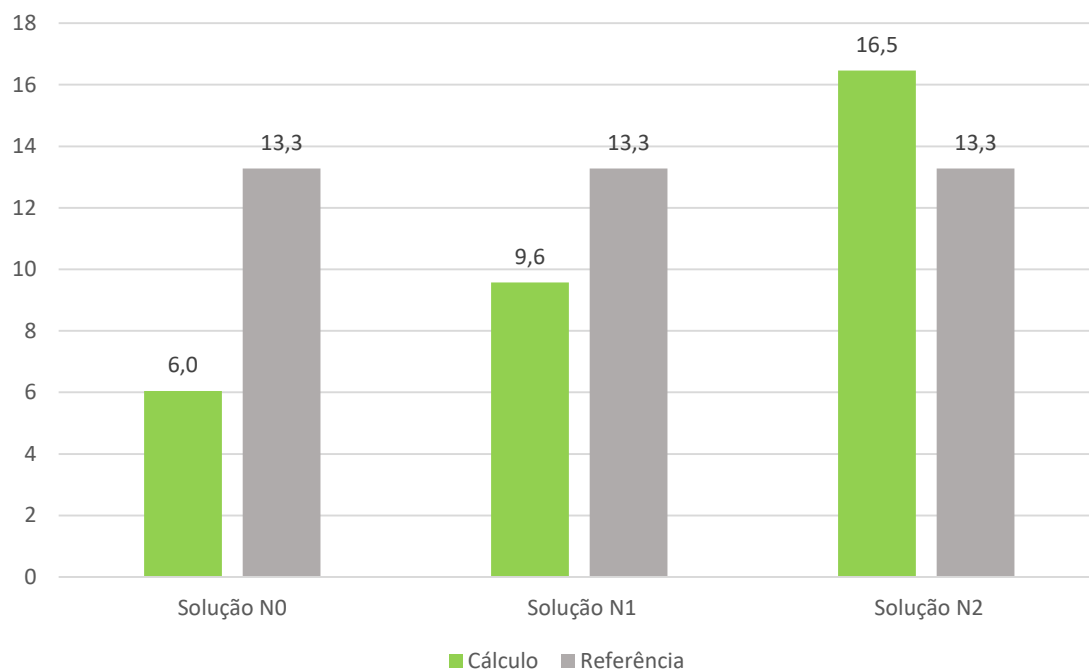


Figura 7.13 - Necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento [kWh/m².ano]

O aumento das necessidades energéticas para esta estação observadas na solução N2, é devido ao incremento ou colocação de isolamento térmico nestes elementos, pois irá corresponder uma diminuição do U dos mesmos, que por sua vez, irá diminuir a transferência de calor por transmissão. Deste modo, estas menores trocas de calor vão

afectar o factor de utilização dos ganhos térmicos, fazendo com que este seja menor do que para as restantes soluções, aumentando deste modo as necessidades energéticas da Solução N2 nesta estação. Este facto é bastante relevante para o estudo das melhores soluções de isolamento térmico, pois a colocação ou incremento do mesmo em elementos da envolvente estará necessariamente a melhorar a situação de Inverno mas poderá estar a piorar a situação de Verão, comprovando-se assim os benefícios deste tipo de análise.

Por último, analisam-se as necessidades nominais anuais de energia primária (figura 7.14).

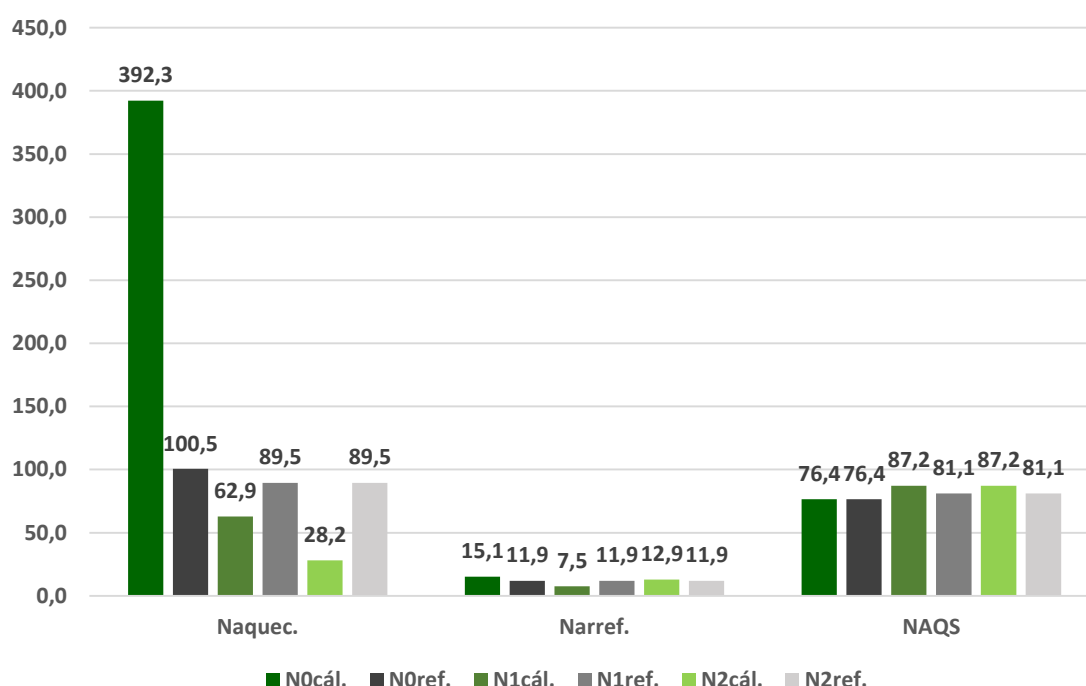


Figura 7.14 - Necessidades nominais anuais de energia primária [kWh/m².ano]

Na figura 7.14, destacam-se as necessidades elevadas de cálculo para aquecimento da solução N0, ou seja, o conforto térmico do edifício antigo na estação de Inverno estava muito aquém do mínimo exigível. Na observação das necessidades, para a estação de aquecimento, da solução N1, comprova-se que esta adequa-se às necessidades regulamentares, ou seja, as necessidades de cálculo são inferiores às de referência. Da análise das necessidades nominais anuais de energia útil para a mesma solução e estação, constata-se que uma solução que não verifica (está até bastante distante) os requisitos mínimos do seu comportamento térmico, pode verificar, para essa mesma estação, o seu comportamento energético, ou seja, as suas necessidades nominais anuais de energia primária. Isto deve-se à contribuição do seu sistema de transformação de energia em calor,

neste caso, um ar condicionado de elevada eficiência energética. Refira-se que este edifício, e para esta solução, obteve uma classe energética B-. Analisando este caso, levanta-se a questão do que representa realmente a classificação energética de um edifício que não cumpre no comportamento térmico mas verifica as exigências energéticas, e ainda obtém uma classe energética satisfatória. Isto é, um edifício que apresenta necessidades energéticas superiores ao que deveria, ou seja, gasta mais energia do que deveria, pode ser ao mesmo tempo considerado energeticamente eficiente. Por outro lado, salienta-se ainda que esta questão só é posta em causa para edifícios antigos, pois os edifícios novos têm de cumprir as exigências regulamentares térmicas.

Conclui-se esta análise referindo que a solução N0 obteve uma classe energética F, a Solução N1 B- e a Solução N2 B (tabela 7.4).

Tabela 7.4 – Classe energética obtida para a fracção, consoante cada solução

Solução	Classe Energética
N0	F
N1	B-
N2	B

7.3.2 Avaliação da sustentabilidade

De seguida, apresenta-se, para cada vertente analisada, a classificação da avaliação da sustentabilidade obtida para a solução N1 e N2 (tabela 7.5).

Tabela 7.5 - Classificação da avaliação da sustentabilidade das soluções N1 e N2

Vertente	Critério	N1	N2	N1	N2
Económica	Custo global	6,3	5,4	6,3	5,4
Integração local e valorização paisagística	Impermeabilização do solo	4,2	4,2	7,7	7,7
	Valorização ecológica	10	10		
	Protecção do património	10	10		
Recursos	Água	6	6	3,7	3,7
	Materiais	1,4	1,4		
Conforto térmico	Inverno	7,1	8,7	4,6	4,4
	Verão	2,1	0		
Iluminação	Natural	10	10	10	10
	Artificial	10	10		
Gestão sustentável	Gestão de resíduos	10	10	4	4
	Utilização e manutenção	0	0		
Energia	Necessidades energéticas	8,4	8,7	7,0	7,9
	Eficiência energética	5,7	7,1		
Classificação final				6,2 Muito Bom	6,1 Muito Bom

As soluções obtiveram classificações idênticas, pois as diferenças entre elas são, apenas, ao nível do isolamento de soluções construtivas e da protecção dos vãos envidraçados exteriores, reflectindo-se estas, apenas, em três vertentes, a energética, económica e de conforto térmico, em que se observam valores classificativos distintos mas que se equilibram na sua expressão final.

Para a vertente económica foi considerado um custo inicial para a solução N1 de 14.000 € e para a solução N2 de 22.000 €. A classificação nesta vertente, pelo critério do custo global, realça o facto de que, apesar das medidas preconizadas na solução N2 melhorarem o seu desempenho energético (observável pelas classificações obtida na vertentes de Energia, devido ao seu custo inicial ser demasiado elevado), esta solução é menos viável, economicamente, do que a N1, apesar da diminuição na factura energética.

Para os restantes critérios, os valores dos parâmetros considerados, que não resultam do desempenho térmico e energético, encontram-se na folha I – Outros Parâmetros (ANEXO I – Modelo, pág. 171).

8. Conclusões e desenvolvimentos futuros

8.1 Conclusões finais

A primeira parte da presente dissertação, onde foi exposta a influência da expansão urbana nas alterações climáticas e no desenvolvimento das sociedades, permitiu posicionar e contextualizar a Reabilitação Urbana como uma ferramenta indispensável da Construção Sustentável, de modo a serem atingidos os objectivos do Desenvolvimento Sustentável, com especial incidência para a redução do consumo energético do tecido urbano.

A segunda parte, referente ao desenvolvimento do modelo para análise do comportamento térmico e energético e avaliação da sustentabilidade, em obras de reabilitação do edificado e aplicação do mesmo num caso de estudo, levantou várias questões sobre o modelo regulamentar de cálculo da classe energética dos edifícios de habitação, sobretudo nas questões da transformação de energia útil em energia primária e no seu reflexo no Desenvolvimento Sustentável. Contudo, considera-se que o modelo desenvolvido permite uma análise extensiva do comportamento térmico e energético do edificado, de modo a facilitar, numa intervenção de reabilitação, a identificação das melhores soluções construtivas e avaliação da sustentabilidade das mesmas, conforme foi demonstrado na apresentação dos resultados. A avaliação das soluções, permitiu identificar também que a solução mais eficiente energeticamente (solução N2) não tem necessariamente de ser a melhor solução, como referido, dado que a solução N1 é mais viável economicamente, obtendo uma classificação superior, a nível de sustentabilidade, embora, com apenas uma diferença de uma décima sobre a solução N2.

Por fim, considera-se que o objectivo global desta dissertação foi atingido, comprovando-se, uma vez mais, pelo modelo proposto, uma possível interface de avaliação de parâmetros térmicos, energéticos e outros de sustentabilidade, de modo a identificarem-se as soluções mais sustentáveis, para intervenções de reabilitação, no edificado existente.

8.2 Desenvolvimentos futuros

Com o objectivo de dar continuidade ao desenvolvimento deste modelo de avaliação, propõem-se:

- a) Contabilizar a energia incorporada dos elementos das soluções construtivas, de modo a que seja possível quantificar esta parcela energética e introduzi-la directamente no cálculo do desempenho energético.
- b) Quantificar a pegada de carbono dos elementos das soluções construtivas, de modo, a que seja possível a introdução deste parâmetro na avaliação da sustentabilidade.
- c) Adicionar ao modelo a componente do comportamento acústico, através do cálculo regulamentar do mesmo.

Estes três pontos referidos permitiriam uma parametrização mais objectiva de determinados critérios e a introdução de uma nova vertente (o conforto acústico) para a avaliação da sustentabilidade.

Referências bibliográficas

- Aelenei, Daniel (2014). Folha de Cálculo de Desempenho Energético. Monte de Caparica. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Alkalaj, Sven (2013). 7th European Conference on Sustainable Cities and Town, Mayors Session.
- Amado, M. P. (2009). Planeamento Urbano Sustentável. 3ª ed. Casal de Cambra. Caleidoscópio - Colecção Pensar Arquitectura.
- Amado, M. P., Reaes Pinto, A., Maria Alcaface, A., & Ramalhete, I. (2015). Construção Sustentável. Conceito e Prática. Caleidoscópio.
- Beatley, T. (2012). Green Cities of Europe: Global Lessons on Green Urbanism. Island Press.
- Carson, R. (2002). Silent spring. Houghton Mifflin Harcourt.
- Castanheira, G. (2013). Estratégias de intervenção para a regeneração urbana sustentável. Guimarães. Dissertação para obter o grau de Mestre em Construção e Reabilitação Sustentáveis, Universidade do Minho.
- Chandler, T. (1987). Four Thousand Years of Urban Growth: An Historical Census. St. David's University Press.
- Climatic Change (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. New York: Cambridge University Press, 2014
- Colantonio, A., & Dixon, T. (2011). Urban regeneration and social sustainability: Best practice from European cities. John Wiley & Sons.
- Comissão Europeia (2008). European Communities: Environmental Improvement Potentials of Residential Building (IMPRO-Building). Institute for Prospective Technological Studies. Luxemburgo
- Comissão Europeia (2010). Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo. Bruxelas: Comissão Europeia.

- Corvacho, H. (2014). Nova regulamentação no domínio da Térmica dos Edifícios. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil. Seminário–“Eficiência Energética, que futuro.
- Cupeto, C., Silva, S., Abelha, H., Ribeiro, P., & Figueiredo, M. (2007). Guia Agenda 21 Local: Um desafio para todos. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente.
- Curran, M. A. (2006). Life Cycle Assessment: Principles and Practice.
- Desarrollo, R. I. D. M., Urbano, D. L. U. E. (2010). Declaración de Toledo, 22 de junio de 2010.
- Delgado, M. (2008). A requalificação arquitetónica na reabilitação de edifícios: critérios exigênciais de qualidade; Estudo de casos. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Dias, L. F. S. da C. (2012). A sustentabilidade na reabilitação do património edificado. Monte de Caparica. Dissertação para a obter o grau de Mestre em Engenharia Civil, FCT-UNL.
- Dijkman, M. (2010). Holland Real Estate Yearbook 2010. Real Estate Publishers BV.
- Farias, P. M. A. (2010). Construção sustentável: contributo para o processo de construção na alteração de usos nos edifícios. Monte de Caparica. Dissertação para a obter o grau de Mestre em Engenharia Civil, FCT-UNL.
- Freitas, V. P. (2012). Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos.
- Hamedani, A. Z., & Huber, F. (2012). A comparative study of DGNB, LEED and BREEAM certificate systems in urban sustainability. The Sustainable City VII: Urban Regeneration and Sustainability, 1121.
- Hammond, G., & Jones, C. (2008). Inventory of Carbon and Energy (ICE) version 1.6 a. Sustainable Energy Research Team, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK.
- Hodson, M., & Marvin, S. (2014). After sustainable cities? Routledge.
- Instituto Nacional de Estatística (2012). Censos 2011: Resultados Definitivos. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística, I.P.

- Instituto Nacional de Estatística (2013). Estatísticas do Ambiente 2012. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- Keiner, M., Zegras, C., Schmid, W. A., & Salmerón, D. (2013). From understanding to action: Sustainable urban development in medium-sized cities in Africa and Latin America (Vol. 5). Springer Science & Business Media.
- Lobato, E. S. C. (2014). An assessment Model to Sustainable Events Management.
- Mateus, R. F. M. (2004). Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção. Dissertação para obter o grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade do Minho.
- McDonough, W. (1992). The Hannover Principles: Design for Sustainability. EXPO 2000. The World's Fair, Hannover, Germany.
- Mumford, L. (1973). The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects. Penguin.
- Nereu, S. (2001). Evolução das exigências funcionais da habitação – Um ensaio de aplicação ao parque das Avenidas Novas. Tese de Mestrado, IST, UTL, Lisboa.
- Newman, P. W. (1999). Sustainability and cities: extending the metabolism model. *Landscape and urban planning*, 44(4), 219–226.
- Newton, P. W. (Ed.). (2008). Transitions: pathways towards sustainable urban development in Australia. Springer Science & Business Media.
- Ng, E. (2009). Designing High-density Cities for Social and Environmental Sustainability. Earthscan LLC.
- Norris, M., & Shiels, P. (2004). Regular national report on housing developments in European countries: synthesis report. Dublin: Dept. of the Environment, Heritage and Local Govt., Ireland : [Distributor], Govt. Publications Sale Office.
- Pereira, M. J. B. (2015). Avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas para a reabilitação da envolvente exterior dos edifícios. Guimarães. Dissertação para obter o grau de Mestre em Sustentabilidade do Ambiente Construído, Universidade do Minho.

- Pinheiro, M. D. (2011). LiderA-Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos. Apresentação sumária. Versão de trabalho. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Pinho, A. C. da C. (2009). Conceitos e políticas de reabilitação urbana: análise da experiência portuguesa dos gabinetes locais.
- Pires, C. M., & Bragança, L. (2011). Reabilitação urbana sustentável: reabilitação e conservação do património habitacional edificado.
- Pollard, D., & World Wide Fund for Nature. (2010). Living planet report 2010: biodiversity, biocapacity and development. Gland: WWF International.
- Porter, L., & Shaw, K. (2013). Whose Urban Renaissance?: An international comparison of urban regeneration strategies. Routledge.
- Portugal. (2008). RGEU: Regulamento geral das edificações urbanas. Dislivro.
- Roberts, P., & Sykes, H. (2000). Urban Regeneration: A Handbook. SAGE Publications.
- Rodrigues, B. J. da R. (2014). Reabilitação sustentável em edifícios habitacionais com valor histórico. Porto. Dissertação para obter o grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Romão, A. M. S. (2015). Reabilitação urbana sustentável – modelo de intervenção para o espaço público. Monte de Caparica. Dissertação para obter o grau de Mestre em Engenharia Civil, FCT-UNL.
- Roth, C. (2004). Guidance on urban rehabilitation. Council of Europe.
- Rosen, C. (2000). World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of Life. Elsevier Science.
- Santamouris, M. (2013). Energy and Climate in the Urban Built Environment. Taylor & Francis.
- Santos, C., & Matias, L. (2006). ITE50.
- Seitzinger, S. P., Svedin, U., Crumley, C. L., Steffen, W., Abdullah, S. A., Alfsen, C., ... Sugar, L. (2012). Planetary Stewardship in an Urbanizing World: Beyond City Limits. *AMBIO*, 41(8), 787–794.

- Sitarz, D. (1993). Agenda 21: The earth summit strategy to save our planet.
- Talen, E. (2013). Charter of the new urbanism. McGraw-Hill Prof Med/Tech.
- Tavares, A. F. N. (2008). Reabilitação urbana – o caso dos pequenos centros históricos. Monte de Caparica. Dissertação para obter o grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, FCT-UNL.
- UNFCCC – Kyoto Protocol Reference Manual: On accounting of emissions and assigned amount. Boon: UNFCCC – United Nations Framework of Climate Change, 2008.
- União Europeia (2004). Carta de Aalborg+10 Inspirando o Futuro. União Europeia – Adoptada na Conferência Aalborg+10, Aalborg.
- União Europeia (2007). Carta de Leipzig sobre as Cidades Europeias Sustentáveis. União Europeia - Adoptada na reunião informal dos Ministros responsáveis pelo Desenvolvimento Urbano e Coesão Territorial, Leipzig.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, & Population Division (2014). World urbanization prospects: the 2014 revision : highlights.
- United Nations Habitat (2013). State of the world's cities 2012/2013: Prosperity of cities. Routledge.
- United Nations (2015). Transforming our World: the 2030 agenda for sustainable development: A/RES/70/1.
- United Nations Human Settlements Programme (2004). The State of the World's Cities 2004/2005: Globalization and Urban Culture. Earthscan.
- Wheeler, S. M. (2013). Planning for sustainability: creating livable, equitable and ecological communities. Routledge.
- World Commission on Environment and Development (1987). «Brundtland Report» - Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford: World Commission on Environment and Development (WCED).

Legislação consultada

Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, 2013. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

Decreto-Lei n.º 307/2009 de 23 de Outubro, 2009. Regulamento Jurídico da Reabilitação Urbana.

Decreto-Lei n.º 53/2014 de 8 de Abril, 2014. Regime Excepcional para a Reabilitação Urbana.

Sites consultados

ADENE (2016a). *Eficiência energética nos edifícios – novas métricas 2016*. [Online] Disponível em: <http://www.adene.pt/noticias/eficiencia-energetica-nos-edificios-novas-metricas-em-2016> [Acedido em 4 de Setembro 2016].

ADENE (2016b). *Energia-Indicadores*. [Online] Disponível em: <http://www.adene.pt/indicador/> [Acedido em 4 de Setembro 2016].

BPIE (2015). *Qualification and accreditation requirements of building energy certifiers in EU28*. [Online] Disponível em: <http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/09/BPIE-EPCsFactsheet-2015.pdf> [Acedido em 19 de Junho 2016].

BREEAM (2016a). *Technical Standards*. [Online] Disponível em: <http://www.breeam.com/technical-standards> [Acedido em 9 de Julho 2016].

BREEAM (2016b). *New Construction*. [Online] Disponível em: <http://www.breeam.com/new-construction> [Acedido em 9 de Julho 2016].

BREEAM (2016c). *Certification-Training*. [Online] Disponível em: <http://www.breeam.com/certification-training> [Acedido em 9 de Julho 2016].

DGEG (2014). *Energia em Portugal*. [Online] Disponível em: <http://www.dgeg.pt> [Acedido em 19 de Julho 2016].

Direcção Geral do Território, 2016. *POLIS XXI - A Política de Cidades 2007-2013*. Disponível em: http://www.dgterritorio.pt/ordenamento_e_cidades/cidades/polis_xxi/ [Acedido em 16 de Junho 2016].

- Global Footprint Network (2012). *Ecological Wealth of Nations*. [Online] Disponível em: http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/ [Acedido em 29 de Junho 2016].
- Google Maps (2016). *Find local businesses, view maps and get driving directions in Google Maps*. [Online] Disponível em: <https://www.google.pt/maps/place/R.+Margiochis,+1400-051+Lisboa/@38.7160384,-9.2165745,215m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd1ecc99beab6747:0x9e2e1d6a2f63c74a!8m2!3d38.7160043!4d-9.2159089> [Acedido em 7 de Setembro 2016].
- Harmonies Online (2012). *Communication Environnementale*. [Online] Disponível em: <http://www.harmonies-online.fr/2012/01/16/ce-que-disent-les-normes-en-matiere-de-communication-environnementale-produit/> [Acedido em 4 de Julho 2016].
- IHRU (2015). *ENS – Desafios e Mudanças*. [Online] Disponível em: https://www.portaldahabitacao.pt/opencms/export/sites/portal/pt/portal/habitacao/EstNacHabitacao/ENpH_PT_FINAL.pdf [Acedido em 16 de Junho 2016].
- IHRU (2016a). *Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana*. [Online] Disponível em: <http://www.portaldahabitacao.pt/pt/ihru/> [Acedido em 16 de Junho 2016].
- IHRU (2016b). *Reabilitar para Arrendar*. [Online] Disponível em: <http://www.portaldahabitacao.pt/pt/portal/reabilitacao/reabilitarparaarrendar/reabilitarparaarrendar.html> [Acedido em 16 de Junho 2016].
- INE (2011a). *Despesa com electricidade nos alojamentos familiares clássicos*. [Online] Disponível em: <http://www.ine.pt> [Acedido em 22 de Junho 2016].
- INE (2011b). *Consumo total de energia para aquecimento nos alojamentos familiares clássicos*. [Online] Disponível em: <http://www.ine.pt> [Acedido em 22 de Junho 2016].
- INE (2015a). *Inquérito aos projectos de obras de edificação e de demolição de edifícios*. [Online] Disponível em: <http://www.ine.pt> [Acedido em 16 de Julho 2016].
- INE (2015b). *Estatísticas das obras concluídas*. [Online] Disponível em: <http://www.ine.pt> [Acedido em 19 de Julho 2016].
- INE (2015c). *Alojamentos familiares clássicos*. [Online] Disponível em: <http://www.ine.pt> [Acedido em 19 de Julho 2016].
- ISO 14001 (2015). *Environmental management systems*. [Online] Disponível em: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=60857 [Acedido em 7 de Julho 2016].

- ISO 14031 (2013). *Environmental performance evaluation*. [Online] Disponível em: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=52297 [Acedido em 7 de Julho 2016].
- LEED-USGBC (2016a). *This is LEED*. [Online] Disponível em: <http://leed.usgbc.org/leed.html> [Acedido em 10 de Julho 2016].
- LEED-USGBC (2016b). *Sustainable Sites*. [Online] Disponível em: <http://www.usgbc.org/credits/new-construction/v4/sustainable-sites> [Acedido em 10 de Julho 2016].
- LEED-USGBC (2016c). *LEED BD+C: New Construction*. [Online] Disponível em: <http://www.usgbc.org/credits/new-construction/v4> [Acedido em 10 de Julho 2016].
- LNEC (2005). *Evolução das tipologias construtivas em Portugal*. [Online] Disponível em: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html [Acedido em 24 de Junho 2016].
- Saint-Gobain Glass Portugal (2016). *Arquitectura em vidro, 2016*. [Online] Disponível em: <http://pt.saint-gobain-glass.com/> [Acedido em 7 de Setembro 2016].
- UNEP-SBCI. *Why Buildings?*. [Online] Disponível em: <http://www.unep.org/sbcI/AboutSBCI/Background.asp> [Acedido em 1 de Julho 2016].

ANEXO I – MODELO

Soluções Construtivas

Elementos Opacos Verticais				
Designação	Descrição	U W/m ² .°C	U ref W/m ² .°C	U máx W/m ² .°C
P1_EXT	Parede exterior em alvenaria de pedra com espessura de 45cm com revestimento exterior em reboco e tinta de areia	2,9	0,5	
P2_EXT	Parede exterior dupla em blocos de cimento com caixa de ar com revestimento exterior em reboco e tinta de areia (11+8+11)	1,4	0,5	
P3_CAVE	Parede de alvenaria de pedra com 45cm de espessura, revestida interiormente em pladur com caixa de ar de 5cm	1,9	0,5	
P4_MEEIRA	Parede dupla em blocos de cimento com caixa de ar (11+8+11)	1,9	0,5	
P7_PORTA	Porta exterior em madeira maciça	3,1	0,5	
P5_EXT	Parede exterior em alvenaria de pedra com espessura de 45cm com revestimento contínuo sobre o isolante (Solução de ETICS com XPS de 7cm)	0,45	0,5	
P6_EXT	Parede exterior dupla em blocos de cimento com caixa de ar com revestimento contínuo sobre o isolante (Solução de ETICS com XPS de 7cm)	0,41	0,5	

Elementos Opacos Horizontais				
Designação	Descrição	U W/m ² .°C	U ref W/m ² .°C	U máx W/m ² .°C
L1_Esteira	Laje de Esteira com isolamento térmico XPS de 4cm (Roofmate) e caixa de ar de 5cm sob a estrutura de madeira e revestimento em gesso cartonado	0,8	0,4	
L2_Térreo	Laje Térrea em betão não armado de 20cm com revestimento em ladrilho cerâmico	2,9	0,5	
Cobertura	Cobertura inclinada leve em telha de marseille assente numa estrutura de madeira	3,8	0,4	
L3_Piso 0	Laje aligeirada em blocos cerâmicos sobre uma estrutura de suporte de madeira	2,1	0,4	
L5_Esteira	Laje de Esteira com isolamento térmico XPS de 8cm (Roofmate) e caixa de ar de 5cm sob a estrutura de madeira e revestimento em gesso cartonado	0,46	0,4	
L6_Térreo	Laje Térrea em betão não armado de 20cm com revestimento em ladrilho cerâmico e isolamento de XPS de 8cm	0,42	0,5	

Ponters Térmicas Planas - PTP				
Designação	Descrição	U W/m2.°C	U ref W/m2.°C	U máx W/m2.°C
PTP_1				

Vãos Envidraçados				
Designação	Descrição	U W/m2.°C	U ref W/m2.°C	U máx W/m2.°C
ENV_1	Vidro Simples Incolor 4mm	5,3	2,9	
ENV_2	Vidro Duplo SGG Climatic Plus	1,2	2,9	

Caracterização da Fracção

Localização	Rua dos Margiochis nº17				
NUTS III	Grande Lisboa	Município	Lisboa	Altitude [m]	73

Dados climáticos			
	N0	N1	N2
Duração da estação de aquecimento [meses]	5,2		
Radiação média incidente num envidraçado a Sul G _{sol} [kWh/m ²]	150		
Graus dias [°C]	1009,8		
Temp. referência estação arrefecimento θ_{ref} [°C]	25		
Temp. média exterior estação arrefecimento $\theta_{ext,v}$	22,06	22,06	22,06
Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste, I _{sol,ref} [kWh/m ²]	500		
Zona Climática Inverno	I1	Zona Climática Verão	
		V3	

Caracterização Geral			
	N0	N1	N2
Área total do lote [m ²]	130,2		
Área Permeável [m ²]	73,5	31,17	31,17
Área Útil de Pavimento [m ²]	38,88	54,98	54,98
Tipologia	T1	T2	T2
Pé Direito médio [m]	2,6	2,45	2,45
Taxa nominal de renovação do ar no Inverno, R _{phi}	0,4	0,4	0,4
Taxa nominal de renovação do ar no Verão, R _{phv}	0,6	0,6	0,6
Classe de Inércia Térmica (Frac _a =1; Média=2; Forte=3)	1	1	1

Número Convencional de Ocupantes	N0	N1	N2
	2	3	3

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através da envolvente exterior

Elementos opacos verticais - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
P1_EXT	Quarto 1	13,04	2,9	0,5	37,83	6,52
P2_EXT	Cozinha	11,52	1,4	0,5	16,13	5,76
P1_EXT	Quarto 2	14,54	2,9	0,5	42,17	7,27
P2_EXT	Circulação 1	2,99	1,4	0,5	4,19	1,50
P2_EXT	I.S.	3,43	1,4	0,5	4,80	1,72
P2_EXT	Quarto 2	5,71	1,4	0,5	7,99	2,86
P7_PORTA	Quarto 1	1,6	3,1	0,5	4,96	0,80
P7_PORTA	Cozinha	1,6	3,1	0,5	4,96	0,80
					123,02	27,22

Elementos opacos horizontais - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
Cobertura	Piso 1	16,98	3,8	0,4	64,52	6,79
					64,52	6,79

Pontes Térmicas Planas - PTP - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
PTP_1			0	0	0	0
PTP_1			0	0	0	0
					0	0

Pontes Térmicas Lineares - PTL - Solução N0

Designação	Ligação	Comp. B [m]	γ W/m.°C	γref W/m.°C	γ.B W/°C	γref.B W/°C
PTL1	Fachada com caixilharia	18,8	0,25	0,2	4,7	3,76
					4,7	3,76

Vãos Envidraçados - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
ENV_1	Quarto 1	1,32	5,3	2,9	7,00	3,83
ENV_1	Cozinha	0,66	5,3	2,9	3,50	1,91
ENV_1	Quarto 2	1,98	5,3	2,9	10,49	5,74
ENV_1	IS	0,48	5,3	2,9	2,54	1,39
					23,53	12,88

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através da envolvente exterior

Elementos opacos verticais - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
P1_EXT	Quarto 1	13,04	2,9	0,5	37,82	6,52
P2_EXT	Cozinha	11,52	1,4	0,5	16,13	5,76
P1_EXT	Quarto 2	14,54	2,9	0,5	42,17	7,27
P2_EXT	Circulação 1	2,99	1,4	0,5	4,19	1,50
P2_EXT	I.S.	3,43	1,4	0,5	4,80	1,72
P2_EXT	Quarto 2	5,71	1,4	0,5	7,99	2,86
P7_PORTA	Quarto 1	1,6	3,1	0,5	4,96	0,80
P7_PORTA	Cozinha	1,6	3,1	0,5	4,96	0,80
P3_CAVE	Sala	9,28	1,9	0,5	17,63	4,64
					140,64	31,86

Elementos opacos horizontais - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
					0	0

Pontes Térmicas Planas - PTP - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
					0	0
					0	0

Pontes Térmicas Lineares - PTL - Solução N1

Designação	Ligação	Comp. B [m]	γ W/m.°C	γ_{ref} W/m.°C	$\gamma.B$ W/°C	$\gamma_{ref}.B$ W/°C
PTL_1	Fachada com caixilharia	26	0,25	0,2	6,5	5,2
					0	0
					6,5	5,2

Vãos Envidraçados - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
ENV_2	Quarto 1	1,32	1,2	2,9	1,58	3,83
ENV_2	Cozinha	0,66	1,2	2,9	0,79	1,91
ENV_2	Quarto 2	1,98	1,2	2,9	2,38	5,74
ENV_2	I.S.	0,48	1,2	2,9	0,58	1,39
ENV_2	Sala	0,69	1,2	2,9	0,83	2,00
					6,16	14,88

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através da envolvente exterior

Elementos opacos verticais - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
P5_EXT	Quarto 1	13,04	0,45	0,5	5,87	6,52
P6_EXT	Cozinha	11,52	0,41	0,5	4,72	5,76
P5_EXT	Quarto 2	14,54	0,45	0,5	6,54	7,27
P6_EXT	Circulação 1	2,99	0,41	0,5	1,23	1,50
P6_EXT	I.S.	3,43	0,41	0,5	1,41	1,72
P6_EXT	Quarto 2	5,71	0,41	0,5	2,34	2,86
P7_PORTA	Quarto 1	1,6	3,1	0,5	4,96	0,80
P7_PORTA	Cozinha	1,6	3,1	0,5	4,96	0,80
P5_EXT	Sala	9,28	0,45	0,5	4,18	4,64
					36,20	31,86

Elementos opacos horizontais - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
					0	0
					0	0

Pontes Térmicas Planas - PTP - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
					0	0
					0	0

Pontes Térmicas Lineares - PTL - Solução N2

Designação	Ligação	Comp. B [m]	γ W/m.°C	γ_{ref} W/m.°C	$\gamma.B$ W/°C	$\gamma_{ref}.B$ W/°C
PTL_1	Fachada com caixilharia	26	0,25	0,2	6,5	5,2
					6,5	5,2

Vãos Envidraçados - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A W/°C	Uref.A W/°C
ENV_2	Quarto 1	1,32	1,2	2,9	1,58	3,83
ENV_2	Cozinha	0,66	1,2	2,9	0,79	1,91
ENV_2	Quarto 2	1,98	1,2	2,9	2,38	5,74
ENV_2	I.S.	0,48	1,2	2,9	0,58	1,39
ENV_2	Sala	0,69	1,2	2,9	0,83	2,00
					6,16	14,88

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através da envolvente interior

Elementos Opacos Verticais em contacto com edificios adjacentes - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	btr	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A.btr W/°C	Uref.A. btr W/°C
P4_MEEIRA	PISO 0	11,96	1	1,9	0,5	22,72	5,98
P4_MEEIRA	PISO 1	11,96	1	1,9	0,5	22,72	5,98
						45,45	11,96

Elementos Opacos Horizontais em contacto com espaços não úteis - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	btr	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A.btr W/°C	Uref.A. btr W/°C
L3_Piso 0	PISO 0	19,45	1	2,1	0,4	40,85	7,78
						40,85	7,78

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através da envolvente interior

Elementos Opacos Verticais em contacto com edificios adjacentes - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	btr	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A.btr W/°C	Uref.A.btr W/°C
P4_MEEIRA	Piso 0	11,96	1	1,9	0,5	22,72	5,98
P4_MEEIRA	Piso 1	11,96	1	1,9	0,5	22,72	5,98
						45,45	11,96

Elementos Opacos Horizontais em contacto com espaços não úteis - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	btr	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A.btr W/°C	Uref.A.btr W/°C
L1_Esteira	Quarto 2 e I.S.	19,45	1	0,8	0,4	15,56	7,78
						0	0
						15,56	7,78

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através da envolvente interior

Elementos Opacos Verticais em contacto com edificios adjacentes - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	btr	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A.btr W/°C	Uref.A.btr W/°C
P4_MEEIRA	Piso 0	11,96	1	1,9	0,5	22,72	5,98
P4_MEEIRA	Piso 1	11,96	1	1,9	0,5	22,72	5,98
						45,45	11,96

Elementos Opacos Horizontais em contacto com espaços não úteis - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	btr	U W/m ² .°C	Uref W/m ² .°C	U.A.btr W/°C	Uref.A.btr W/°C
L5_Esteira	Quarto 2 e I.S.	19,45	1	0,46	0,4	8,95	7,78
						8,95	7,78

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo

Elementos Opacos Verticais em contacto com o solo (Paredes Enterradas) - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	U _{bw}	U _{bwref}	U _{bw} .A W/°C	U _{bwref} .A W/°C
					0	0
					0	0
					0	0

Elementos Opacos Horizontais em contacto com o solo (Pavimentos Enterrados $z \geq 0$) - Solução N0

Designação	Localização	Área A [m ²]	U _{bf}	U _{bfref}	U _{bf} .A W/°C	U _{bfref} .A W/°C
					0	0
					0	0
					0	0

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo

Elementos Opacos Verticais em contacto com o solo (Paredes Enterradas) - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	U _{bw}	U _{bwref}	U _{bw} .A W/°C	U _{bwref} .A W/°C
P3_CAVE	Sala	21,87	1,5	0,5	32,805	10,935
					0	0
					32,805	10,935

Elementos Opacos Horizontais em contacto com o solo (Pavimentos Enterrados z>=0) - Solução N1

Designação	Localização	Área A [m ²]	U _{bf}	U _{bfref}	U _{bf} .A W/°C	U _{bfref} .A W/°C
L2_Térreo	Sala	16,1	0,8	0,5	12,88	8,05
					12,88	8,05

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo

Elementos Opacos Verticais em contacto com o solo (Paredes Enterradas) - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	U _{bw}	U _{bwref}	U _{bw} .A W/°C	U _{bwref} .A W/°C
P3_CAVE	Sala	21,87	1,5	0,5	32,805	10,935
					0	0
					32,805	10,935

Elementos Opacos Horizontais em contacto com o solo (Pavimentos Enterrados z>=0) - Solução N2

Designação	Localização	Área A [m ²]	U _{bf}	U _{bfref}	U _{bf} .A W/°C	U _{bfref} .A W/°C
L6_Térreo	Sala	16,1	0,6	0,5	9,66	8,05
					0	0
					9,66	8,05

Transferência de Calor por Transmissão (folha A)

Coeficiente de Transferência de Calor por Transmissão

	N0		N1		N2	
	Solução	Ref.	Solução	Ref.	Solução	Ref.
Envolvente Exterior Hext	215,7796	50,645	153,3	51,932	48,8595	51,932
Envolvente Interior Henu	86,293	19,74	61,008	19,74	54,395	19,74
Em contacto com o solo Hecs	0	0	45,685	18,985	42,465	18,985
Total Htr [W/°C]	302,07	70,39	259,99	90,66	145,72	90,66

Transferência de Calor por Ventilação (folha B)

Estação de Aquecimento

	N0		N1		N2	
	Solução	Ref.	Solução	Ref.	Solução	Ref.
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Área interior útil de pavimento A_p	38,88		54,98		54,98	
Pé direito médio P_d	2,6		2,45		2,45	
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$ [W/°C]	13,75	13,75	18,32	18,32	18,32	18,32

Estação de Arrefecimento

	N0		N1		N2	
	Solução	Ref.	Solução	Ref.	Solução	Ref.
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Área interior útil de pavimento A_p	38,88		54,98		54,98	
Pé direito médio P_d	2,6		2,45		2,45	
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$ [W/°C]	20,62	20,62	27,48	27,48	27,48	27,48

Ganhos Térmicos na Estação de Aquecimento (folha C)

Ganhos Solares e Internos

Solução N0

Designação	Orientação	Factor Solar Inverno gi	Área Aw [m2]	Factor de Obstrução Fs,i	Fracção Envidraçada Fg	Área efectiva colectora	Factor de Orientação X	Área efectiva colectora a sul [m2]
ENV_1	E	0,79	1,32	0,9	0,65	0,61	0,56	0,342
ENV_1	E	0,79	1,32	0,9	0,65	0,61	0,56	0,342
ENV_1	S	0,79	0,48	0,9	0,65	0,22	1	0,222
ENV_1	W	0,79	0,66	0,9	0,65	0,31	0,56	0,171
ENV_1	W	0,79	0,66	0,9	0,65	0,31	0,56	0,171
Ganhos Solares Brutos Qsol,i [kWh/ano]								973,38
Ganhos Internos Brutos Qint,i [kWh/ano]								581,37

Solução N1

Designação	Orientação	Factor Solar Inverno gi	Área Aw [m2]	Factor de Obstrução Fs,i	Fracção Envidraçada Fg	Área efectiva colectora	Factor de Orientação X	Área efectiva colectora a sul [m2]
ENV_2	E	0,68	1,32	0,9	0,65	0,52	0,56	0,29
ENV_2	E	0,68	1,32	0,9	0,65	0,52	0,56	0,29
ENV_2	E	0,68	0,23	0,9	0,65	0,09	0,56	0,05
ENV_2	S	0,68	0,48	0,9	0,65	0,19	1	0,19
ENV_2	W	0,68	0,66	0,9	0,65	0,26	0,56	0,15
ENV_2	W	0,68	0,66	0,9	0,65	0,26	0,56	0,15
ENV_2	W	0,68	0,23	0,9	0,65	0,09	0,56	0,05
ENV_2	W	0,68	0,23	0,9	0,65	0,09	0,56	0,05
Ganhos Solares Brutos Qsol,i [kWh/ano]								948,42
Ganhos Internos Brutos Qint,i [kWh/ano]								822,11

Solução N2

Designação	Orientação	Factor Solar Inverno gi	Área Aw [m2]	Factor de Obstrução Fs,i	Fracção Envidraçada Fg	Área efectiva colectora	Factor de Orientação X	Área efectiva colectora a sul [m2]
ENV_2	E	0,68	1,32	0,9	0,65	0,53	0,56	0,29
ENV_2	E	0,68	1,32	0,9	0,65	0,53	0,56	0,29
ENV_2	E	0,68	0,23	0,9	0,65	0,09	0,56	0,05
ENV_2	S	0,68	0,48	0,9	0,65	0,19	1	0,19
ENV_2	W	0,68	0,66	0,9	0,65	0,26	0,56	0,15
ENV_2	W	0,68	0,66	0,9	0,65	0,26	0,56	0,15
ENV_2	W	0,68	0,23	0,9	0,65	0,09	0,56	0,05
ENV_2	W	0,68	0,23	0,9	0,65	0,09	0,56	0,05
Ganhos Solares Brutos Qsol,i [kWh/ano]								955,44
Ganhos Internos Brutos Qint,i [kWh/ano]								822,11

Ganhos Térmicos na Estação de Aquecimento (folha C)

Ganhos Térmicos Brutos

Solução	Ganhos Solares Brutos $Q_{sol,i}$ [kWh/ano]	Ganhos Internos Brutos $Q_{int,i}$ [kWh/ano]	Ganhos Térmicos Brutos $Q_{g,i}$ [kWh/ano]	Ganhos Térmicos Brutos Referência $Q_{g,i}$ [kWh/ano]
N0	973,38	581,37	1554,76	793,66
N1	948,42	822,11	1770,53	1122,30
N2	955,44	822,11	1777,56	1122,30

Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento (folha D)													
Ganhos Solares pelos Envidraçados													
Solução N0													
Designação	Orienta ção	Área [m2]	Tipo de vidro	Fracção envidraçada Fg	Factor select. Angular Fw,v	Fracção tempo Prot. Móveis activas Fm,v	FS Global Prot. Móveis e Perman. Gt	FS Global Prot. Perman. gTp	FS Verão gv	Área Efectiva As,v	Factor de Obstrução Fs,v	Intensidade de Radiação Isol [kWh/m2.ano]	Isol.Fs,v.As kWh/ano
ENV_1	E	1,32	Simplex	0,65	0,9	0,6	0,36	0,792	0,533	0,457	0,9	500	205,714
ENV_1	E	1,32	Simplex	0,65	0,9	0,6	0,36	0,792	0,533	0,457	0,9	500	205,714
ENV_1	S	0,48	Simplex	0,65	0,8	0,6	0,36	0,704	0,4976	0,155	0,9	410	57,288
ENV_1	W	0,66	Simplex	0,65	0,9	0,6	0,36	0,792	0,5328	0,229	0,9	500	102,857
ENV_1	W	0,66	Simplex	0,65	0,9	0,6	0,36	0,792	0,5328	0,229	0,9	500	102,857
													674,43
Solução N1													
Designação	Orienta ção	Área [m2]	Tipo de vidro	Fracção envidraçada Fg	Factor select. Angular Fw,v	Fracção tempo Prot. Móveis activas Fm,v	FS Global Prot. Móveis e Perman. Gt	FS Global Prot. Perman. gTp	FS Verão gv	Área Efectiva As,v	Factor de Obstrução Fs,v	Intensidade de Radiação Isol [kWh/m2.ano]	Isol.Fs,v.As kWh/ano
ENV_2	E	1,32	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,38	0,638	0,483	0,3634	0,9	500	163,534
ENV_2	E	1,32	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,38	0,638	0,483	0,3634	0,9	500	163,534
ENV_2	E	0,23	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,38	0,638	0,483	0,0633	0,9	500	28,495
ENV_2	S	0,48	Duplo	0,57	0,75	0,6	0,38	0,563	0,453	0,1239	0,9	410	45,734
ENV_2	W	0,66	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,38	0,638	0,483	0,1817	0,9	500	81,767
ENV_2	W	0,66	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,38	0,638	0,483	0,1817	0,9	500	81,767
ENV_2	W	0,23	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,38	0,638	0,483	0,0633	0,9	500	28,495
ENV_2	W	0,23	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,38	0,638	0,483	0,0633	0,9	500	28,495
													621,82

Solução N2													
Designação	Orientação	Área [m2]	Tipo de vidro	Fracção envidraçada Fg	Factor select. Angular Fw,v	Fracção tempo Prot. Móveis activos Fm,v	FS Global Prot. Móveis e Perman. Gt	FS Global Prot. Perman. gTp	FS Verão gv	Área Efectiva As,v	Factor de Obstrução Fs,v	Intensidade de Radiação Isol [kWh/m2.ano]	Isol.Fs,v.As kWh/ano
ENV_2	E	1,32	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,05	0,638	0,285	0,214	0,9	500	96,495
ENV_2	E	1,32	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,05	0,638	0,285	0,214	0,9	500	96,495
ENV_2	E	0,23	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,05	0,6375	0,285	0,037	0,9	500	16,814
ENV_2	S	0,48	Duplo	0,57	0,75	0,6	0,05	0,5625	0,255	0,070	0,9	410	25,744
ENV_2	W	0,66	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,05	0,6375	0,285	0,107	0,9	500	48,24765
ENV_2	W	0,66	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,05	0,6375	0,285	0,107	0,9	500	48,24765
ENV_2	W	0,23	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,05	0,6375	0,285	0,037	0,9	500	16,813575
ENV_2	W	0,23	Duplo	0,57	0,85	0,6	0,05	0,6375	0,285	0,0373635	0,9	500	16,813575
													365,67

Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento (folha D)									
Ganhos Solares pela Envolvente Exterior Opaca									
Solução N0									
Designação	Orientação	Coefficiente de absorção	Área Aop [m2]	U [W/m2.°C]	Rse [m2.°C/W]	Área Efectiva [m2]	Factor de Obstrução Fs	Intensidade de Radiação Isol [kWh/m2.ano]	Isol.Fs.As [kWh/ano]
P1_EXT	E	0,4	15	2,9	0,04	0,696	1	500	348,000
P7_PORTA	E	0,8	1,6	3,1	0,04	0,159	1	500	79,360
P1_EXT	S	0,4	12,584	2,9	0,04	0,584	1	410	239,398
P7_PORTA	S	0,8	1,6	3,1	0,04	0,159	1	410	65,075
P2_EXT	S	0,4	11,44	1,4	0,04	0,256	1	410	105,065
P2_EXT	W	0,4	18,7	1,4	0,04	0,419	1	500	209,440
									1046,338
Solução N1									
Designação	Orientação	Coefficiente de absorção	Área Aop [m2]	U [W/m2.°C]	Rse [m2.°C/W]	Área Efectiva [m2]	Factor de Obstrução Fs	Intensidade de Radiação Isol [kWh/m2.ano]	Isol.Fs.As [kWh/ano]
P1_EXT	E	0,4	17,73	2,9	0,04	0,823	1	500	411,336
P7_PORTA	E	0,8	1,6	3,1	0,04	0,159	1	500	79,360
P1_EXT	S	0,4	16,264	2,9	0,04	0,755	1	410	309,406
P7_PORTA	S	0,8	1,6	3,1	0,04	0,159	1	410	65,075
P2_EXT	S	0,4	17,73	1,4	0,04	0,397	1	410	162,832
P2_EXT	W	0,4	18,7	1,4	0,04	0,419	1	500	209,440
P1_EXT	W	0,4	2,34	2,9	0,04	0,109	1	500	54,288
									1291,738

Solução N2									
Designação	Orientação	Coefficiente de absorção	Área Aop [m2]	U [W/m2.°C]	Rse [m2.°C/W]	Área Efectiva [m2]	Factor de Obstrução Fs	Intensidade de Radiação Isol [kWh/m2.ano]	Isol.Fs.As [kWh/ano]
P1_EXT	E	0,4	17,73	2,9	0,04	0,823	1	500	411,336
P7_PORTA	E	0,8	1,6	3,1	0,04	0,159	1	500	79,360
P1_EXT	S	0,4	16,264	2,9	0,04	0,755	1	410	309,406
P7_PORTA	S	0,8	1,6	3,1	0,04	0,159	1	410	65,075
P2_EXT	S	0,4	17,73	1,4	0,04	0,397	1	410	162,832
P2_EXT	W	0,4	18,7	1,4	0,04	0,419	1	500	209,440
P1_EXT	W	0,4	2,34	2,9	0,04	0,109	1	500	54,288
									1291,738

Ganhos Térmicos na Estação de Arrefecimento (folha D)						
Ganhos Térmicos Brutos						
Solução	Ganhos Solares Brutos Envidraçados [kWh/ano]	Ganhos Solares Brutos pela Env. Opaca Exterior [kWh/ano]	Ganhos Solares Brutos Qsol,v [kWh/ano]	Ganhos Internos Brutos Qint,v [kWh/ano]	Ganhos Térmicos Brutos Qg,v [kWh/ano]	Ganhos Térmicos Brutos de Referência Qg,v ref [kWh/ano]
N0	674,43	1046,34	1720,77	455,36	2176,13	2127,20
N1	621,82	1291,74	1913,56	643,93	2557,48	3008,07
N2	365,67	1291,74	1657,41	643,93	2301,33	3008,07

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (folha E)

Solução	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,ref}$	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	Transf. de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,ref}$	g_i	Factor de utilização	Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,ref}$	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento Nic [kWh/m ² .ano]	Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para Aquecimento Ni [kWh/m ² .ano]
N0	7320,79	1705,79	333,18	333,18	0,20	1,00	1553,22	476,19	156,91	40,20
N1	6300,98	2197,09	443,97	443,97	0,26	1,00	1765,78	673,38	90,56	35,79
N2	3531,54	2197,09	443,97	443,97	0,45	0,98	1743,60	673,38	40,59	35,79

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (folha F)									
Solução	$\theta_{v,ref-\theta_{v,ext}}$	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{ve,v}$	gv	Factor de utilização	Factor de utilização de referência	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento N_{vc} [kWh/m ² .ano]	Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para Arrefecimento N_v [kWh/m ² .ano]	
N0	2,94	2600,34	177,52	0,78	0,89	0,76	6,05	13,28	
N1	2,94	2238,10	236,55	1,03	0,79	0,76	9,57	13,28	
N2	2,94	1254,40	236,55	1,54	0,61	0,76	16,46	13,28	

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA (folha G)

NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

Solução	Sistema para Aquecimento	Fonte de energia	Nic [kWh/m2. ano]	Eficiência Nominal	Factor de Conversão	Necessidades de energia primária [kWhEP/m2.ano]	Necessidades de energia primária de referência [kWhEP/m2.ano]
N0	Referência	Electricidade	156,91	1	2,5	392,28	100,49
N1	Ar Condicionado	Electricidade	90,56	3,6	2,5	62,89	89,47
N2	Ar Condicionado	Electricidade	40,59	3,6	2,5	28,19	89,47

NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

Solução	Sistema para Arrefecimento	Fonte de energia	Nic [kWh/m2. ano]	Eficiência Nominal	Factor de Conversão	Necessidades de energia primária [kWhEP/m2.ano]	Necessidades de energia primária de referência [kWhEP/m2.ano]
N0	Referência	Electricidade	6,05	1	2,5	15,12	11,86
N1	Ar condicionado	Electricidade	9,57	3,2	2,5	7,48	11,86
N2	Ar condicionado	Electricidade	16,46	3,2	2,5	12,86	11,86

NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

Solução	Sistema para produção de AQS	Fonte de energia	Naqs [kWh/m2. ano]	Eficiência Nominal	Factor de Conversão	Necessidades de energia primária [kWhEP/m2.ano]	Necessidades de energia primária de referência [kWhEP/m2.ano]
N0	Referência	Electricidade	31	1	2,5	76,43	76,43
N1	Termoacumulador	Electricidade	32	0,93	2,5	87,18	81,07
N2	Termoacumulador	Electricidade	32	0,93	2,5	87,18	81,07

ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

Solução	Sistema	Produção de Energia	Eren/Ap [kWh/m2.ano]	Energia Primária [kWhEP/m2.ano]
N0				0,00
N1				0,00
N2				0,00

NECESSIDADES NOMINAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

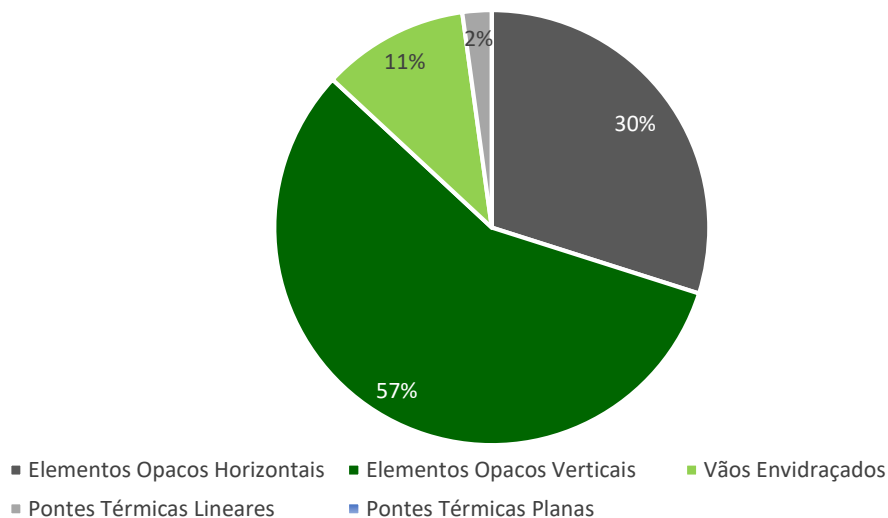
Solução	Necessidades Nominais anuais globais de energia primária Ntc [kWhep/m2.ano]	Necessidades Nominais anuais globais de energia primária Nt [kWhep/m2.ano]	R (Ntc/Nt)	Classe Energética
N0	483,83	188,78	2,56	F
N1	157,55	182,40	0,86	B-
N2	128,23	182,40	0,70	B

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

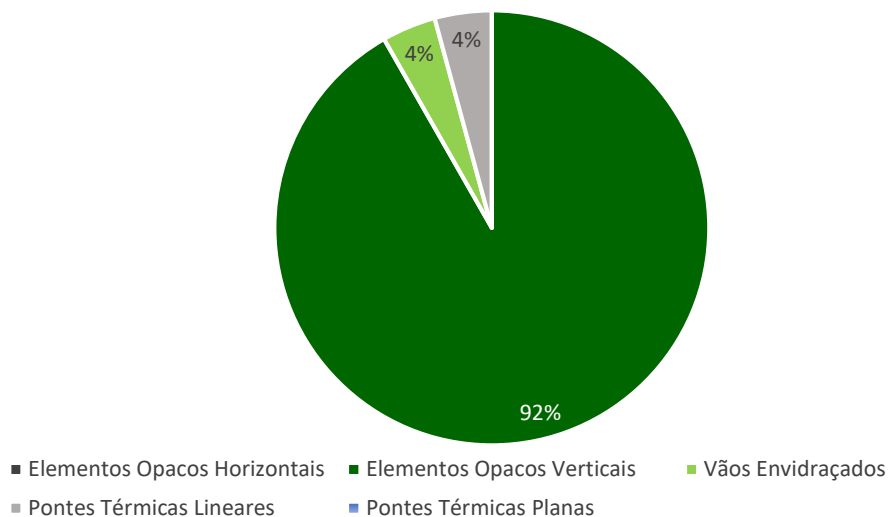
TRANSMISSÃO DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR

Elementos	N0		N1		N2	
	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência
Elementos Opacos Horizontais	64,5	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Elementos Opacos Verticais	123,0	27,2	140,6	31,9	36,2	31,9
Vãos Envidraçados	23,5	12,9	6,2	14,9	6,2	14,9
Pontes Térmicas Lineares	4,7	3,8	6,5	5,2	6,5	5,2
Pontes Térmicas Planas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Solução N0



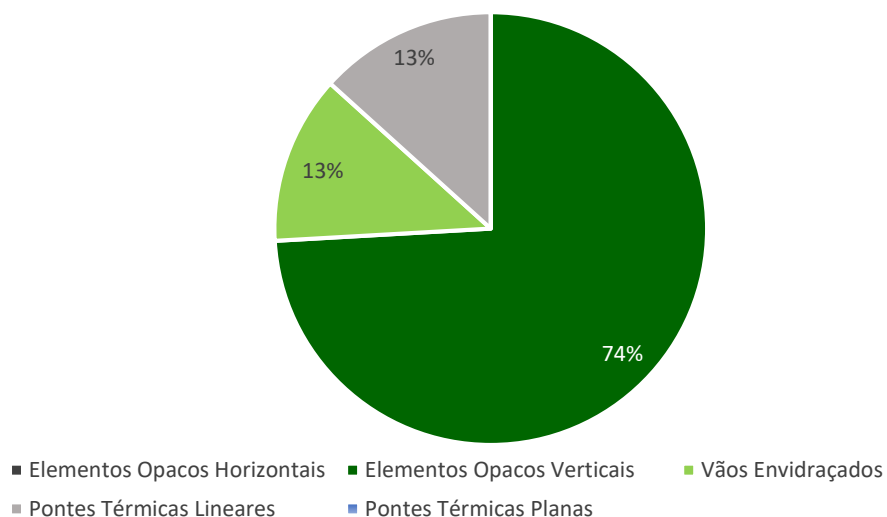
Solução N1



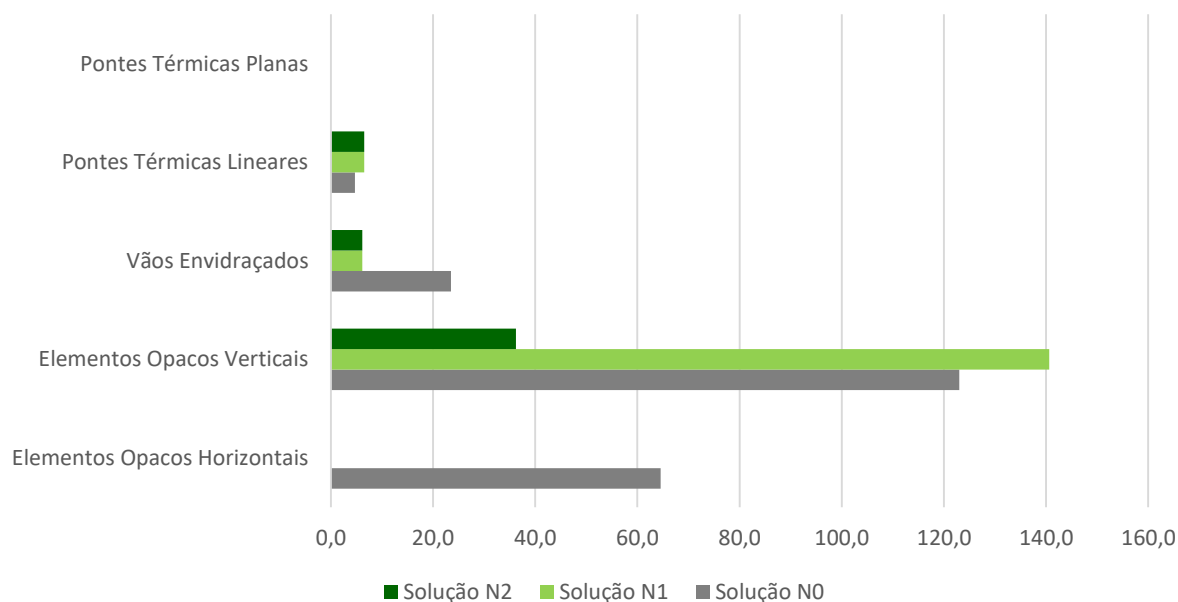
ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

TRANSMISSÃO DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR

Solução N2



Transferência de Calor por Transmissão pela Envolvente Exterior [W/°C]

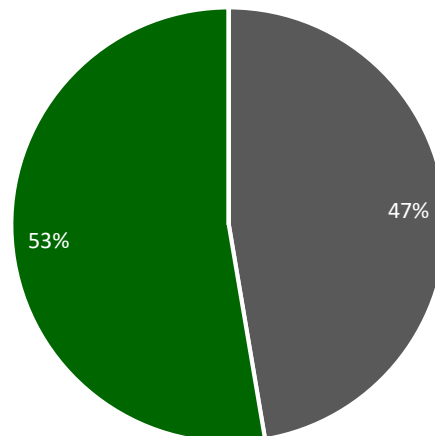


ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

TRANSMISSÃO DE CALOR PELA ENVOLVENTE INTERIOR

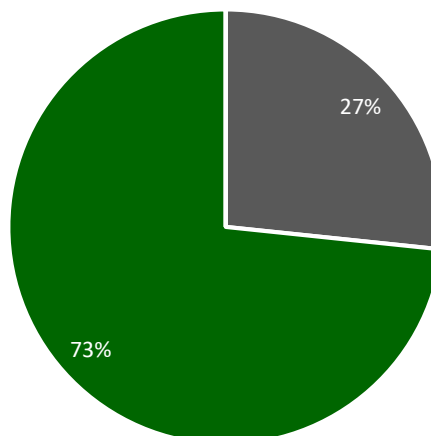
Elementos	N0		N1		N2	
	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência
Elementos Opacos Horizontais	40,8	7,8	28,4	15,8	18,6	15,8
Elementos Opacos Verticais	45,4	12,0	78,3	22,9	78,3	22,9
Vãos Envidraçados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pontes Térmicas Lineares	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pontes Térmicas Planas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Solução N0



■ Elementos Opacos Horizontais
 ■ Elementos Opacos Verticais
 ■ Vãos Envidraçados
■ Pontes Térmicas Lineares
 ■ Pontes Térmicas Planas

Solução N1

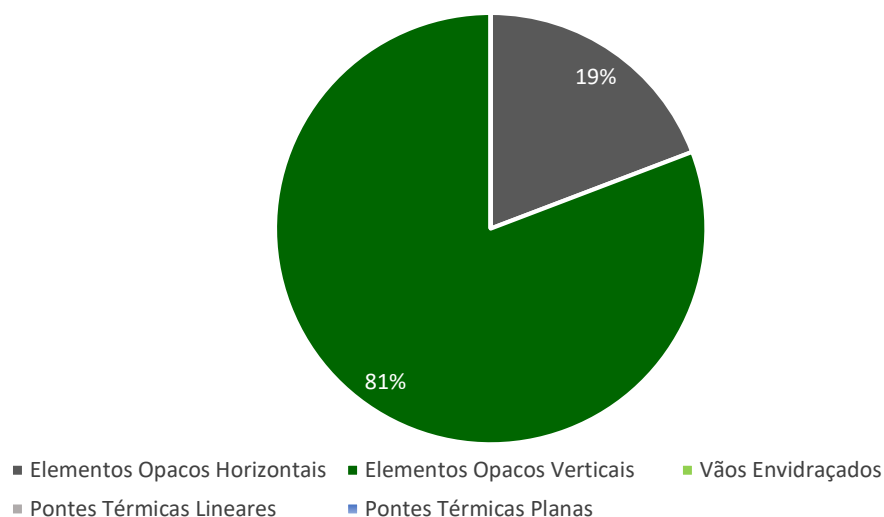


■ Elementos Opacos Horizontais
 ■ Elementos Opacos Verticais
 ■ Vãos Envidraçados
■ Pontes Térmicas Lineares
 ■ Pontes Térmicas Planas

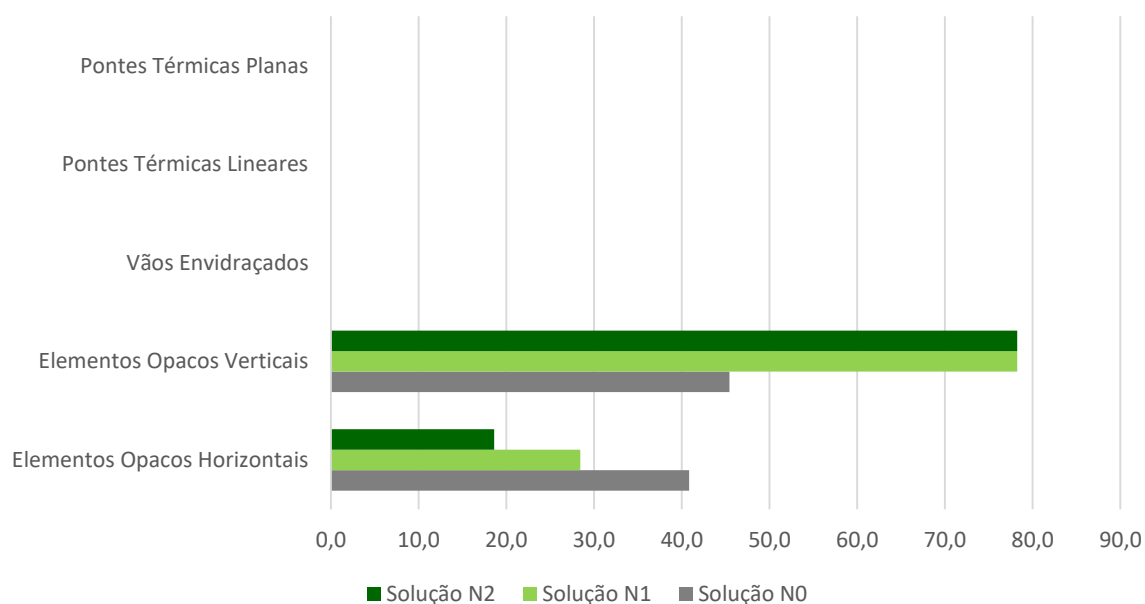
ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

TRANSMISSÃO DE CALOR PELA ENVOLVENTE INTERIOR E EM CONTACTO COM O SOLO

Solução N2



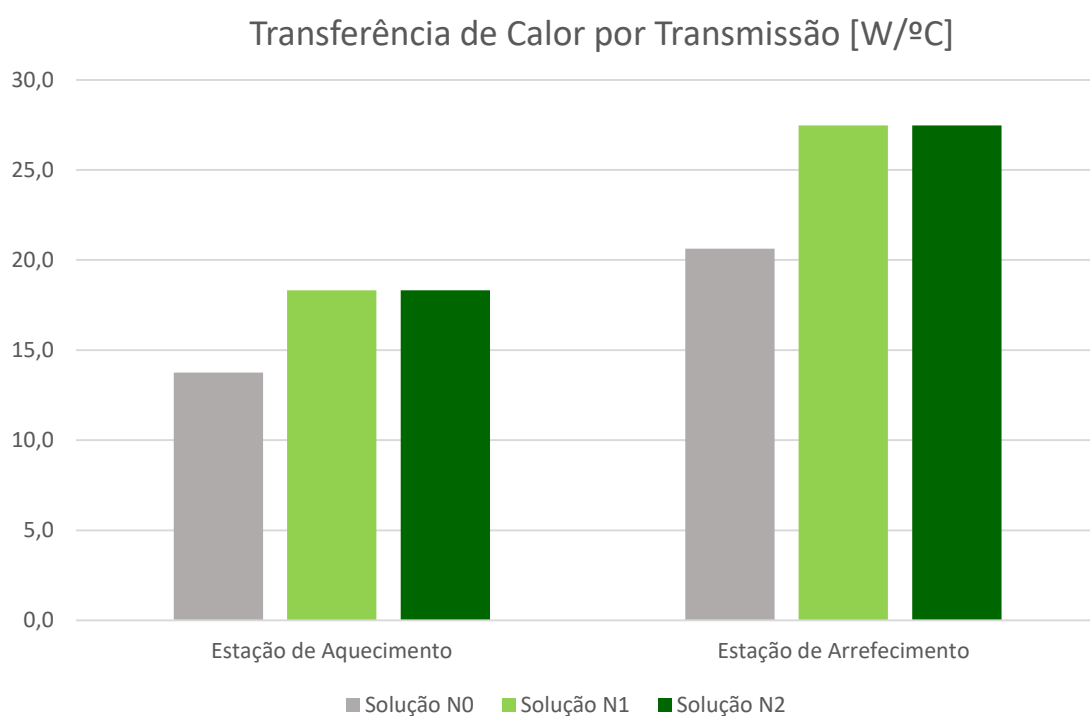
Transferência de Calor por Transmissão pela Envolvente Interior [W/°C]



ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

TRANSMISSÃO DE CALOR POR VENTILAÇÃO

Elementos	N0		N1		N2	
	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência
Estação de Aquecimento	13,7	13,7	18,3	18,3	18,3	18,3
Estação de Arrefecimento	20,6	20,6	27,5	27,5	27,5	27,5

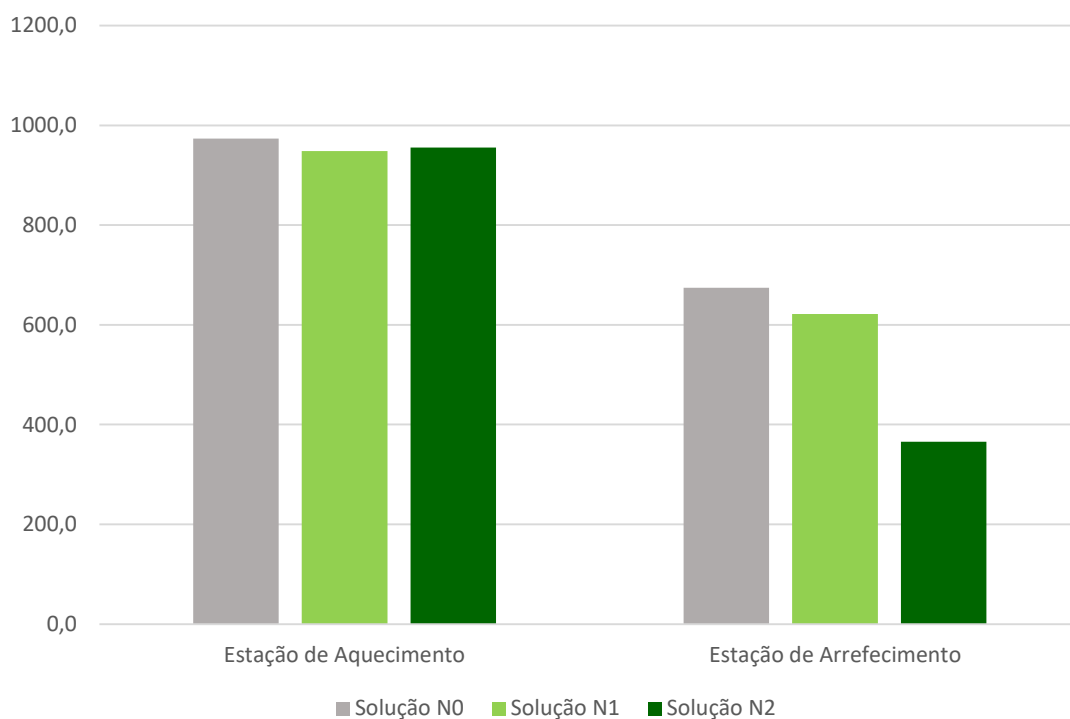


ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

GANHOS SOLARES PELOS ENVIDRAÇADOS

Elementos	N0		N1		N2	
	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência
Estação de Aquecimento	973,4	--	948,4	--	955,4	--
Estação de Arrefecimento	674,4	--	621,8	--	365,7	--

Ganhos Solares pelos Envidraçados [kWh/ano]

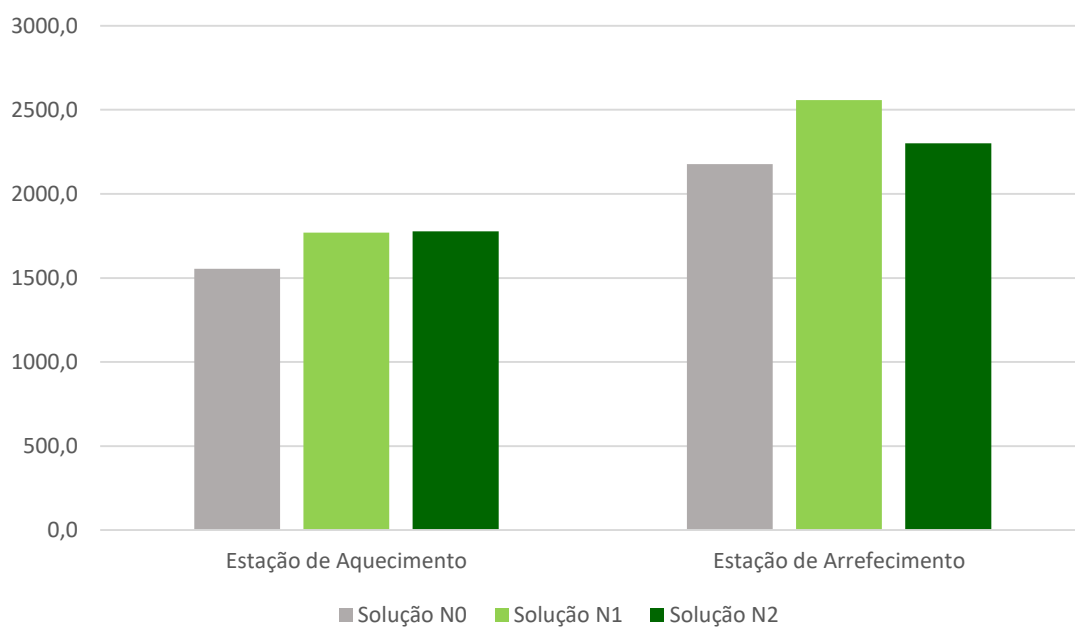


ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Elementos	N0		N1		N2	
	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência
Estação de Aquecimento	1554,8	--	1770,5	--	1777,6	--
Estação de Arrefecimento	2176,1	--	2557,5	--	2301,3	--

Ganhos Térmicos Brutos [kWh/ano]

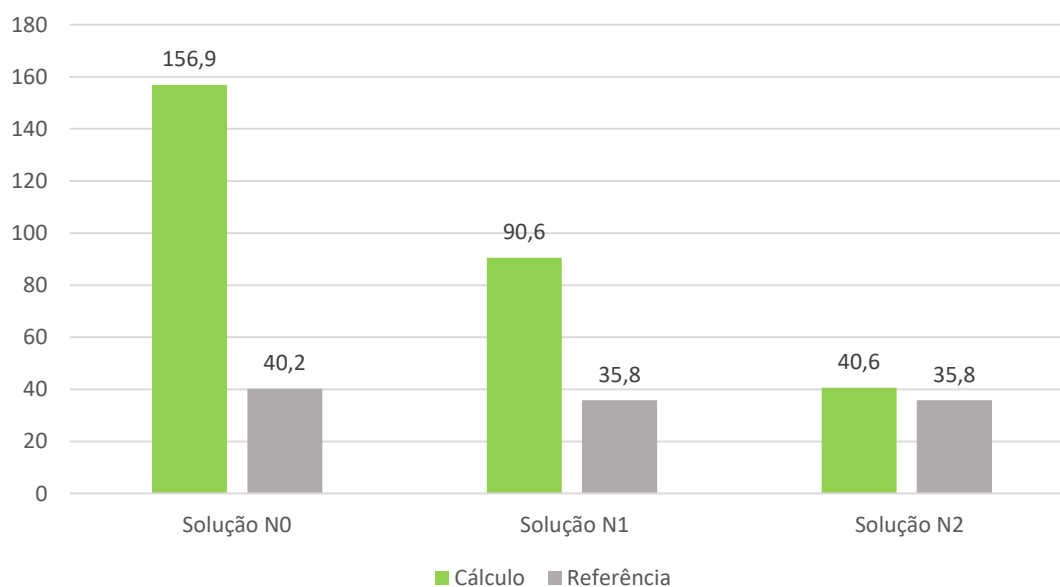


ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL - INVERNO

INVERNO	N0	N1	N2
Cálculo	156,9	90,6	40,6
Referência	40,2	35,8	35,8

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil - Inverno
[kWh/m2.ano]

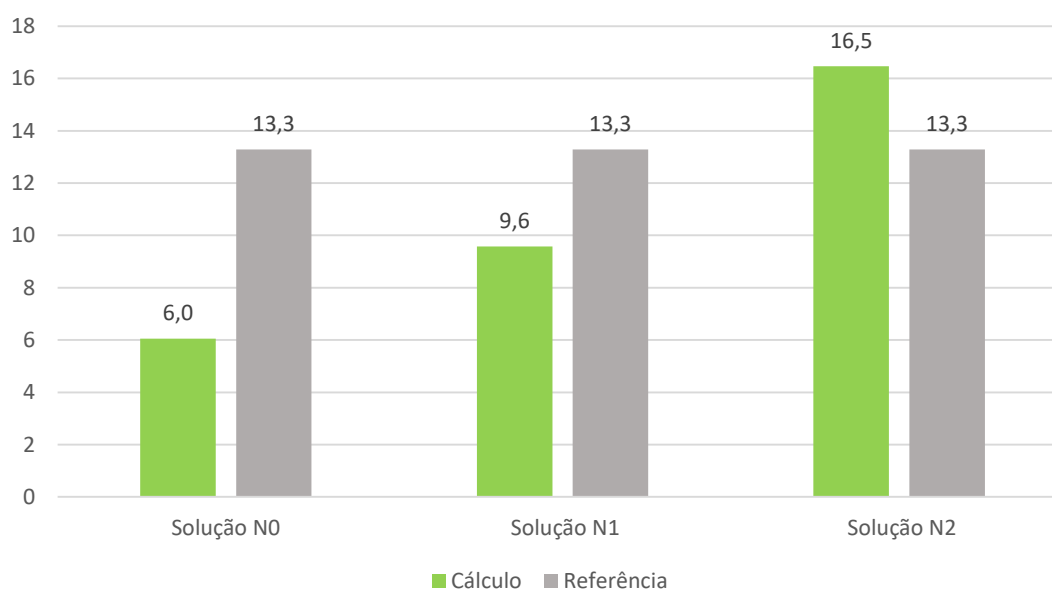


ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL - VERÃO

INVERNO	N0	N1	N2
Cálculo	6,0	9,6	16,5
Referência	13,3	13,3	13,3

Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil - Verão [kWh/m2.ano]

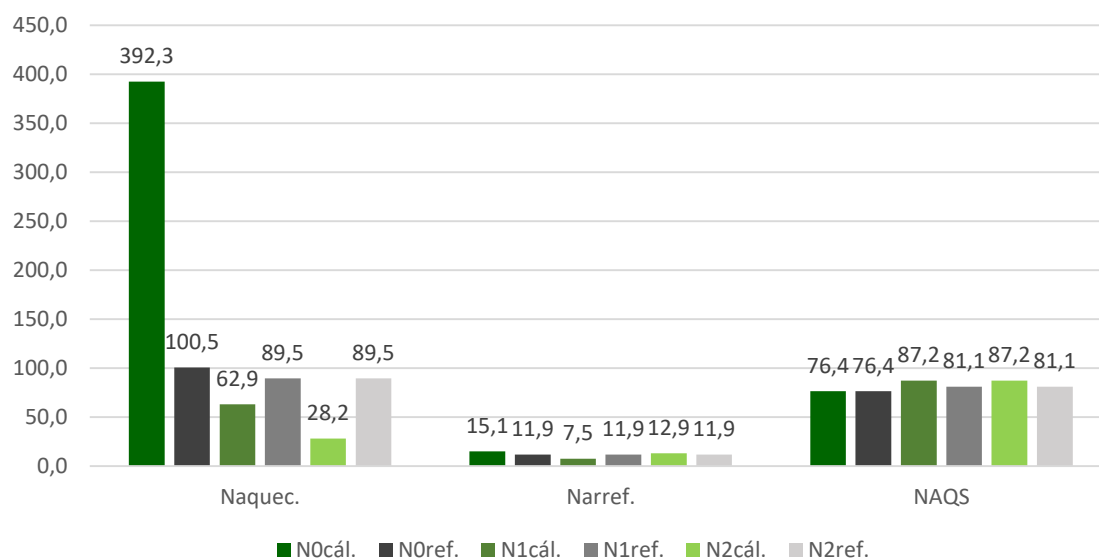


ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (folha K)

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

	N0		N1		N2	
	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência
Naquec.	392,3	100,5	62,9	89,5	28,2	89,5
Narref.	15,1	11,9	7,5	11,9	12,9	11,9
NAQS	76,4	76,4	87,2	81,1	87,2	81,1

Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária
[kWh/m².ano]



Custo Óptimo (folha H)

Valores de Referência	
Periodo de vida util do edificio [anos]	30
Preço do Gás Natural [€/kWh]	0,09
Preço da Electricidade[€/kWh]	0,14
Custo global de Referência [€/m2]	630

Solução	Custo Inicial [€]	Custo anual de energia para aquecimento Qaque [€/m2]	Custo anual de energia para arrefecimento Qarref [€/m2]	Custo anual de energia para AQS Qarref [€/m2]	Custo global [€/m2]
N0	0	54,919	0,847	10,700	618,14
N1	14000	8,805	1,340	12,205	462,49
N2	22000	3,947	2,305	12,205	571,79

Outros Parâmetros (folha I)

		N0	N1	N2
P1	Serão mantidos os traços e estilos arquitectónicos existentes e semelhantes à envolvente local	--	Sim	Sim
P2	As áreas permeáveis serão destinadas a espaços verdes para actividades de lazer e produção alimentar	--	Sim	Sim
P3	As tubagens de água quente da rede de águas possuem isolamento térmico com espessura regulamentar	--	Sim	Sim
P4	As torneiras dispõem de dispositivos para poupança de água, como por exemplo emulsores, monocomandos de abertura central fria ou manípulos de dupla posição	--	Sim	Sim
P5	Está prevista a introdução de sistemas de aproveitamento de águas pluviais	--	Não	Não
P6	Os restantes electrodomésticos possuem rotulagem ambiental e classificação energética igual ou superior a A (inserir percentagem - 100% todos - 0% nenhum)	--	Sim	Sim
P7	Existe iluminação natural em todas as divisões excepto I.S. e espaços não úteis	--	Sim	Sim
P8	A iluminação artificial é realizada através de lâmpadas de baixo consumo (inserir percentagem - 100% todas - 0% nenhuma)	--	100	100
P9	Os materiais utilizados nas soluções construtivas são materiais locais (inserir percentagem - 100% todos - 0% nenhum)	--	20	20
P10	Os materiais utilizados nas soluções construtivas são materiais de baixa energia incorporada (inserir percentagem - 100% todos - 0% nenhum)	--	10	10
P11	Está previsto um plano de gestão e manutenção do ambiente construído e equipamentos	--	Não	Não
P12	Está prevista a elaboração de um guia de boas práticas para a utilização eficiente dos sistemas passivos e activos da fracção	--	Não	Não
P13	Estão previstos locais destinados à deposição e separação selectiva de resíduos domésticos	--	Sim	Sim

Avaliação da Sustentabilidade (folha J)

				N1	N2
Económica	CR1	Custo Global	A avaliação económica é realizada através de uma abordagem de cálculo semelhante à do custo óptimo (folha H-Custo Óptimo). Esta metodologia quantifica os custos energéticos ao longo do ciclo de vida útil da fracção derivados das necessidades nominais anuais de energia primária conforme o modelo de cálculo preconizado no REH. A classificação final desta vertente para cada solução (N1 e N2) tem uma escala de 0 (valor mínimo) a 10 (valor máximo) e o valor intermédio é dado pelo custo global da solução de referência (N0), ou seja, $5=Cg,N0$.	6,3	5,4
Integração Local e Valorização Ecológica	CR2	Impermeabilização do solo	Este critério avalia a percentagem de solo permeável em cada solução. A classificação final deste parâmetro para cada solução (N1 e N2) tem uma escala de 0 (valor mínimo) a 10 (valor máximo) sendo este correspondente à área de solo permeável da solução de referência (N0) (folha Caracterização).	4,2	4,2
	CR3	Valorização Ecológica	Este critério avalia a utilização das áreas permeáveis para espaços verdes de lazer e produção de alimentos. Tem uma pontuação de 0 (valor mínimo), 5 (valor intermédio) e 10 (valor máximo) e é obtido directamente do parâmetro P2 (folha I-Outros parâmetros).	10	10
	CR4	Protecção do património	Este critério avalia a preservação e manutenção dos estilos arquitectónicos semelhantes à envolvente local. Tem uma pontuação de 0 (valor mínimo), 5 (valor intermédio) e 10 (valor máximo) e é obtido directamente do parâmetro P1 (folha I-Outros parâmetros).	10	10
Recursos	CR5	Água	Este critério avalia o uso racional de água através dos parâmetros P3, P4 e P5. Cada um destes parâmetros tem uma pontuação de 0 (valor mínimo) e 10 (valor máximo) e são obtidos directamente dos respectivos parâmetros constantes na folha I-Outros parâmetros. A ponderação final da classificação é dada por $0,2*P3+0,4*P4+0,4*P5$	6	6
	CR6	Materiais	Este critério avalia o impacto ambiental dos materiais utilizados nas soluções construtivas adoptadas através de dois parâmetros, a origem dos materiais (se são ou não locais) e a energia incorporado dos mesmos, respectivamente os parâmetros P9 e P10 da folha I - Outros parâmetros. Cada um destes parâmetros é avaliado percentualmente, cada ponto percentual corresponde a uma décima do valor final numa escala de 0 (valor mínimo) a 10 (valor máximo). A ponderação final é dada por $0,4*P9+0,6*P10$	1,4	1,4

Conforto térmico	CR7	Nível de Conforto na Estação de Inverno	Este critério avalia os sistemas passivos da fracção através das suas necessidades nominais anuais de energia. Possui uma escala de 0 (valor mínimo) a 10 (valor máximo), onde o seu valor intermédio é dado pelas respectivas necessidades de cálculo da solução de referência (Nic,N0 - folha D-EN Aquecimento). A sua classificação é dada pela comparação do valor intermédio face ao valor correspondente para cada solução (Nic,N1 e Nic,N2 da folha D-EN Aquecimento)	7,1	8,7
	CR8	Nível de Conforto na Estação de Verão	Este critério avalia os sistemas passivos da fracção através das suas necessidades nominais anuais de energia. Possui uma escala de 0 (valor mínimo) a 10 (valor máximo), onde o seu valor intermédio é dado pelas respectivas necessidades de cálculo da solução de referência (Nvc,N0 - folha E-EN Arrefecimento). A sua classificação é dada pela comparação do valor intermédio face ao valor correspondente para cada solução (Nvc,N1 e Nvc,N2 da folha E-EN Arrefecimento)	2,1	0,0
Iluminação	CR9	Iluminação natural	Este critério avalia a existência de iluminação natural através do parâmetro P7 (folha I - Outros parâmetros). Se existir iluminação natural em todas as divisões da fracção excepto I.S. e espaços não úteis é obtido o valor máximo da classificação (10), caso contrário a sua classificação é nula (0).	10,0	10,0
	CR10	Iluminação artificial	Este critério avalia a iluminação artificial da fracção relativamente ao uso de lâmpadas de baixo consumo energético através do parâmetro P8 (folha I - Outros parâmetros). Cada ponto percentual corresponde a uma décima do valor final numa escala de 0 (valor mínimo) a 10 (valor máximo).	10	10
Gestão Sustentável	CR11	Gestão de Resíduos	Este critério avalia a gestão de resíduos domésticos da fracção relativamente à existência de locais destinados à separação selectiva dos mesmos através do parâmetro P13 (folha I - Outros parâmetros). Se existirem estes locais é obtido o valor máximo da classificação (10), caso contrário a sua classificação é nula (0).	10,0	10,0
	CR12	Utilização e Manutenção	Este critério avalia a manutenção e utilização do ambiente construído verificando a existência de um plano de manutenção da fracção e de um manual de boas práticas para a utilização eficiente da mesma (Parâmetro P11 e P12 folha I - Outros parâmetros). Cada um destes parâmetros tem a classificação máxima (10) ou mínima (0) e a sua ponderação final para a classificação deste critério é dada por $0,5 \cdot P11 + 0,5 \cdot P12$	0	0
Energia	CR13	Necessidades energéticas	Este critério avalia as necessidades energéticas da fracção através das necessidades anuais globais de energia primária. Possui uma escala de 0 (valor mínimo) a 10 (valor máximo), onde o seu valor intermédio é dado pelas respectivas necessidades de cálculo da solução de referência (Nc,N0 - folha G-N Global). A sua classificação é obtida pela comparação do valor intermédio face ao valor correspondente para cada solução (Nc,N1 e Nc,N2 da folha G-N Global).	8,4	8,7
	CR14	Eficiência Ene.	Este critério atribui uma classificação consoante a eficiência energética obtida em cada solução. Possui uma escala de 0 a 10, onde o seu valor máximo corresponde à classificação A+ e o valor mínimo à classificação F.	5,7	7,1

Avaliação da Sustentabilidade (folha J)

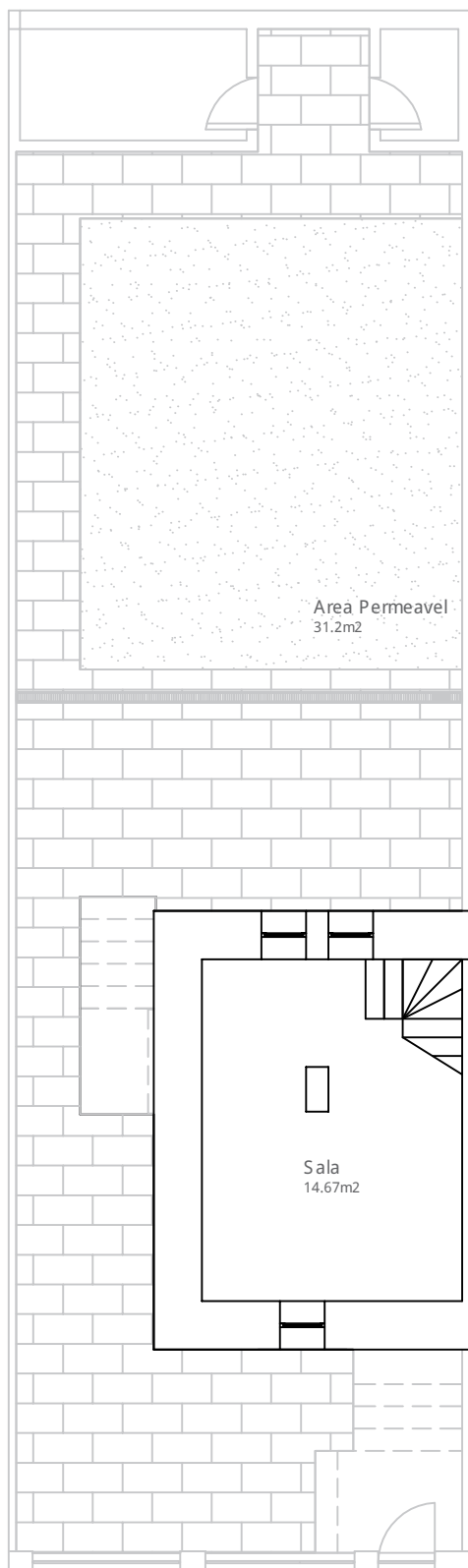
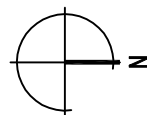
Classificação de cada vertente

Vertente	Económica	Integração Local e Valorização Ecológica	Recursos	Conforto Térmico	Iluminação	Gestão Sustentável	Energia
Ponderação dos critérios	CR1	$CR2*0,4+CR3*0,3+CR4*0,3$	$0,5*CR5+0,5*CR6$	$0,5*CR7+0,5*CR8$	$0,7*CR9+0,3*CR10$	$0,4*CR11+0,6*CR12$	$0,5*CR13+0,5*CR14$
Classificação Solução N1	6,3	7,7	3,7	4,6	10	4	7,0
Classificação Solução N2	5,4	7,7	3,7	4,4	10	4	7,9

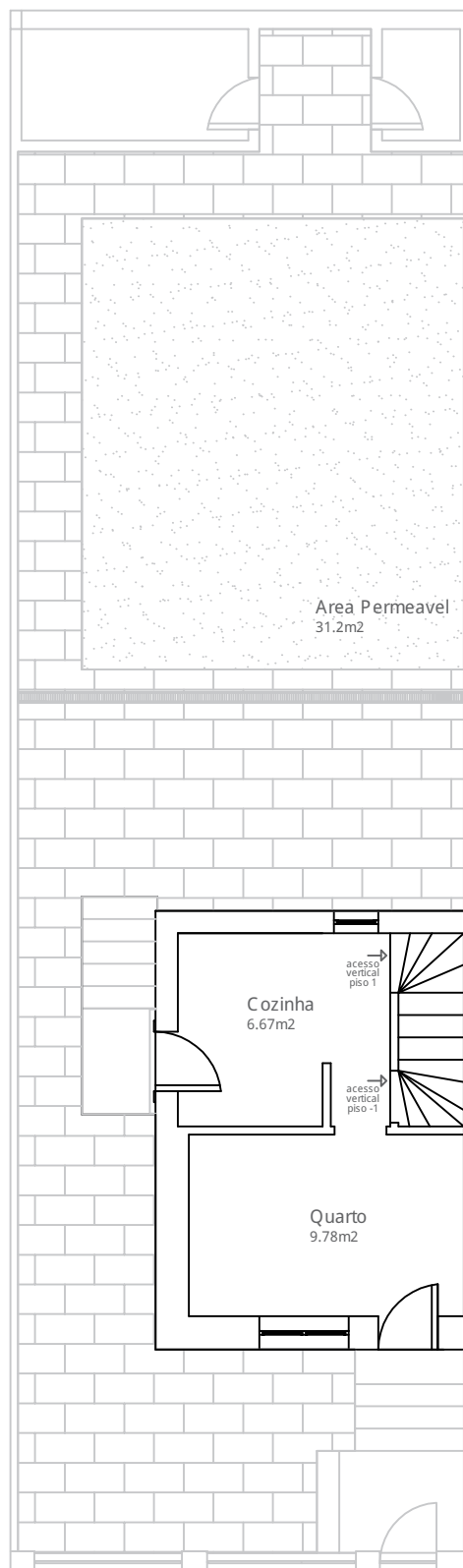
Classificação Final

Ponderação das Vertentes	$Económica*0,1+Integração Local e Valorização Ecológica*0,25+Recursos*0,1+Conforto Térmico*0,25+Iluminação*0,1+Gestão Sustentável*0,1+Energia*0,1$					
Solução N1	6,17			Solução N2	6,11	

ANEXO II – PEÇAS DESENHADAS



Planta do Piso -1
Esc.: 1/100



Planta do Piso 0
Esc.: 1/100

Unidade curricular

DISSERTAÇÃO
MIEC - PERFIL DE CONSTRUÇÃO

Faculdade

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Localidade

Rua dos Margiochis nº 17, Lisboa

Especialidade

Arquitetura

Autor

Proprio

Designação do desenho

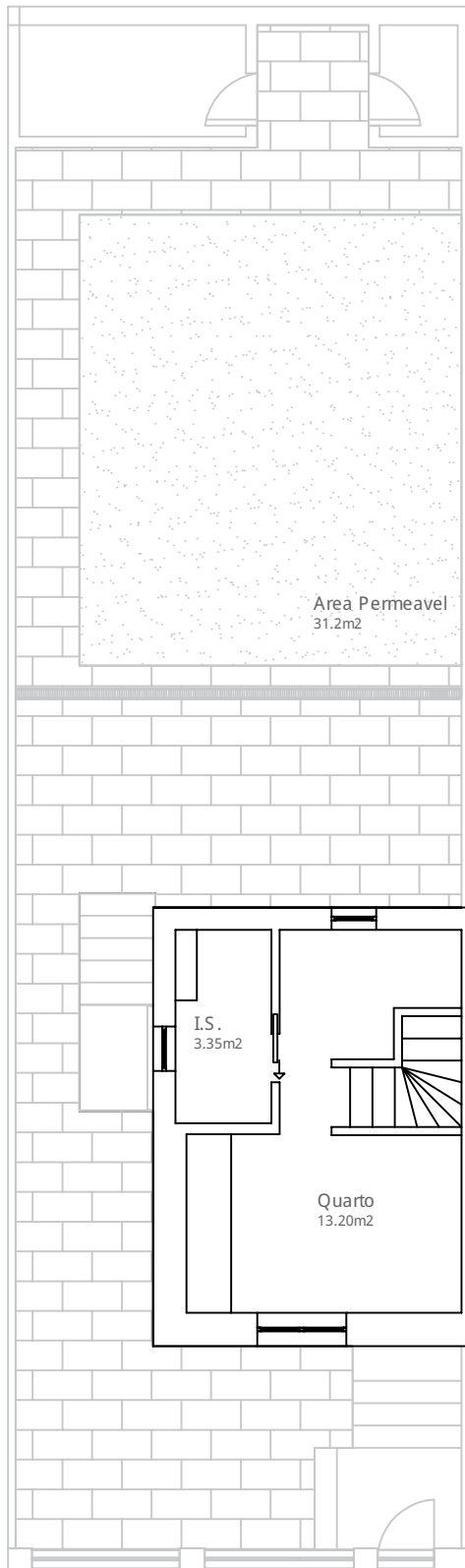
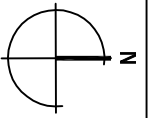
Planta do Piso -1
Planta do Piso 0

Escala

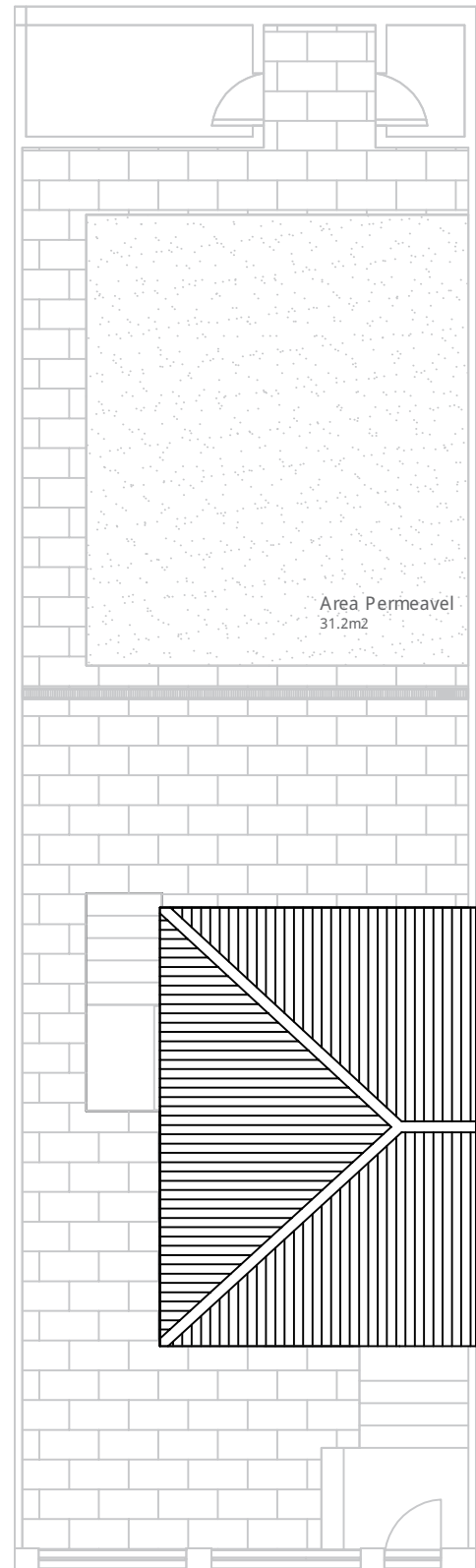
1/100

Desenho nº

1/4



Planta do Piso 1
Esc.: 1/100



Planta da Cobertura
Esc.: 1/100

Unidade curricular

DISSERTAÇÃO
MIEC - PERFIL DE CONSTRUÇÃO

Faculdade

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Localidade

Rua dos Margiochis nº17, Lisboa

Especialidade

Arquitetura

Autor

Proprio

Designação do desenho

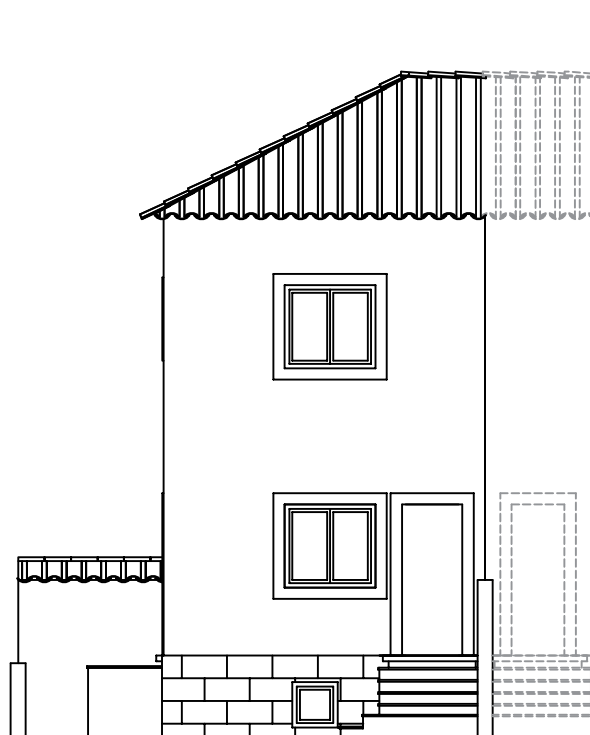
Planta do Piso 1
Planta da Cobertura

Escala

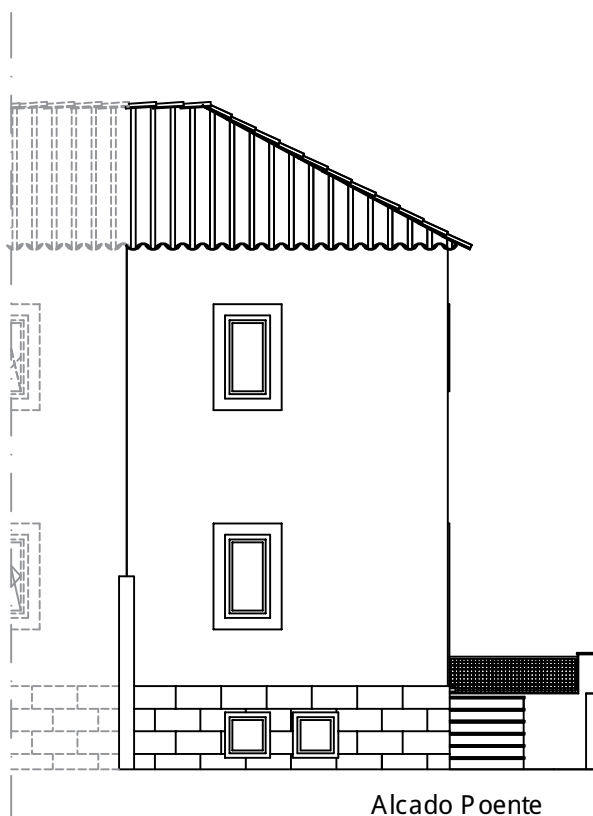
1/100

Desenho nº

2/4



Alcado Nascente
Esc.: 1/100



Alcado Poente
Esc.: 1/100

Unidade curricular

DISSERTAÇÃO
MIEC - PERFIL DE CONSTRUÇÃO

Faculdade

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Localidade

Rua dos Margiochis nº 17, Lisboa

Especialidade

Arquitetura

Autor

Proprio

Designação do desenho

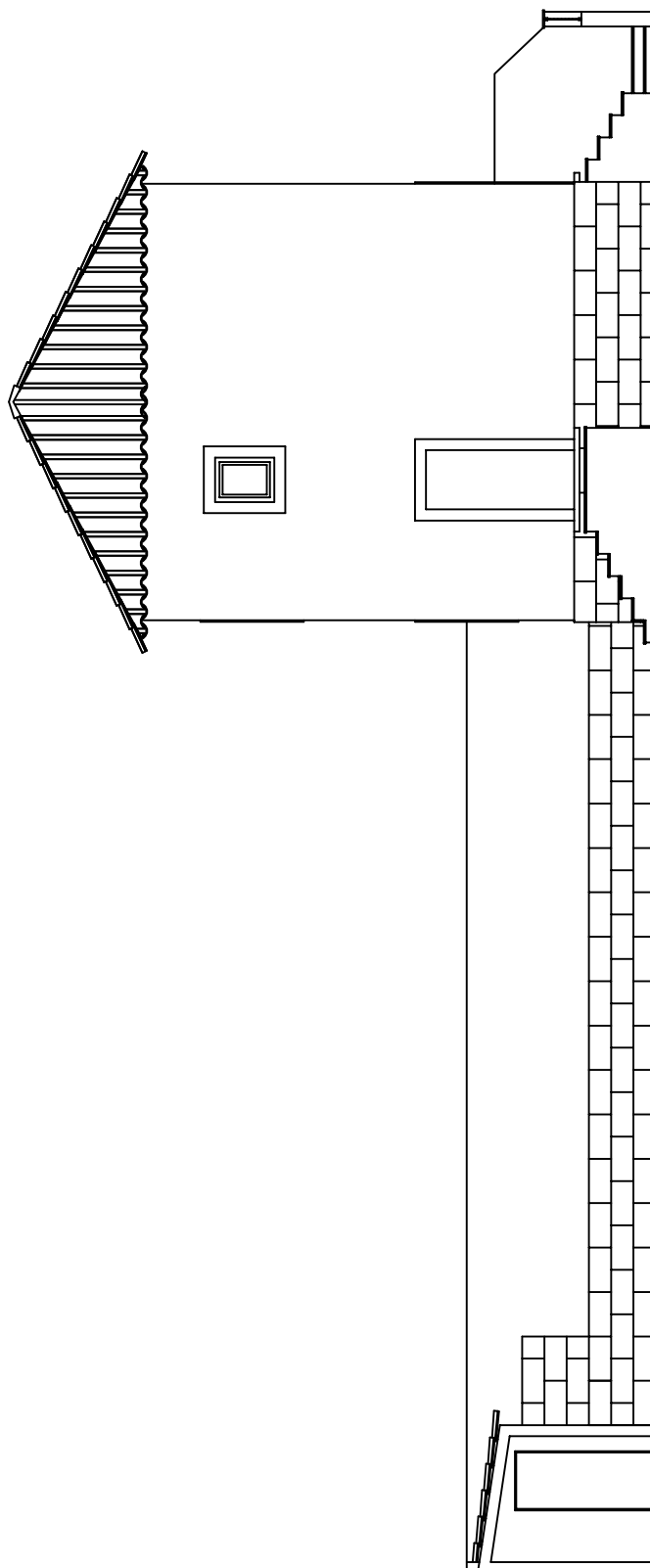
Alcado Nascente
Alcado Poente

Escala

1/100

Desenho nº

3/4



Alcado Sul
Esc.: 1/100

Unidade curricular

DISSERTAÇÃO
MIEC - PERFIL DE CONSTRUÇÃO

Faculdade

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Localidade

Rua dos Margiochis nº 17, Lisboa

Especialidade

Arquitetura

Autor

Proprio

Designação do desenho

Alcado Sul

Escala

1/100

Desenho nº

4/4

